

DEUTSCHE FORSCHUNG IM OSTEN

MITTEILUNGEN DES INSTITUTS FÜR DEUTSCHE OSTARBEIT KRAKAU

BURGVERLAG KRAKAU GmbH
VERLAG DES INSTITUTS FÜR DEUTSCHE OSTARBEIT

1. BEITRÄGE

2. BERICHTE

3. JAHRGANG HEFT 7 NOVEMBER 1943



DEUTSCHE FORSCHUNG IM OSTEN

MITTEILUNGEN DES INSTITUTS FÜR DEUTSCHE OSTARBEIT KRAKAU

BURGVERLAG KRAKAU GmbH
VERLAG DES INSTITUTS FÜR DEUTSCHE OSTARBEIT

---

1. BEITRÄGE

2. BERICHTE

---

3. JAHRGANG HEFT 7 NOVEMBER 1943

Verantwortlich für den Inhalt: Dr. Wilhelm Coblitz, Direktor des Instituts für Deutsche Ostarbeit Krakau. — Anschrift der Schriftleitung: Institut für Deutsche Ostarbeit, Krakau, Annagasse 12. — Fernruf 152-82. — Burgverlag Krakau GmbH, Verlag des Instituts für Deutsche Ostarbeit, Krakau, Annagasse 5. — Druck: Zeitungsverlag Krakau-Warschau GmbH, Krakau, Poststrasse 1. — Jährlich erscheinen 8 Hefte. — Preis je Heft: Zl. 2,— / RM 1,—. Zu beziehen durch den Verlag und durch den Buchhandel.

BODENZERSTÖRENDE VORGÄNGE IM GALIZISCH-WESTUKRAINISCHEN SCHWARZERDEGEBIET

V O N D R. O T T O K L I P P E L

Referent an der Sektion Landeskunde am Institut für Deutsche Ostarbeit Krakau, Zweigstelle Lemberg

I. Einleitung

Mit der Besetzung der galizisch-westukrainischen Löß- und Schwarzerdezonen zwischen San und Dnjepr, die an ihren Ostgrenzen nach wie vor durch den lebenden unübersteigbaren Wall der deutschen Wehrmacht gegen den militanten Ansturm der Sowjetrussen abgeschirmt und gehütet werden, ist der beträchlichste Teil der im vormaligen zaristischen Ostreich als die „Kornkammer Rußlands" bezeichneten südrussischen Ackerbaugebiete in den Nutzungsbereich des großdeutschen und europäischen Wirtschaftsgroßraumes einbezogen worden. Seine natürliche Ausstattung bestimmt dieses gewaltige Gebiet wie selten von vorneherein, die Grundlage für die Nahrungsfreiheit und damit indirekt für den Endsieg des um seine Existenz ringenden deutschen Volkes zu werden. Mit dem Hineinwachsen des deutschen Machtbereichs in die podolisch-westukrainische Kultursteppe ist das deutsche Volk erstmalig in schicksalshafte Beziehungen zu den besonderen Problemen gekommen, die dieses Gebiet stellt, die vordem die bisherigen Inhaber jener Ländereien, nämlich den Sowjet-Staat und noch früher das kaiserliche Rußland und Polen beschäftigt haben, deren Erbschaft in jenen weiten Gebieten das Deutsche Reich angetreten hat. Und mit dem reichen Erbe haben wir auch die damit zusammenhängenden Schwierigkeiten und Fragen übernommen, die nunmehr seit zwei Jahren deutsche Aufgaben geworden sind.

Die Vordringlichkeit dieser Aufgaben besteht nicht allein in der im gegenwärtigen Augenblick besonders deutlichen Notwendigkeit der Sicherung der deutschen Ernährungsgrundlage, bzw. des besten Abschnitts der unserem Volk zur Verfügung stehenden Gesamtnährfläche, sondern darüber hinaus auch in der sich hierbei im Zusammenhang mit der Behandlung der Fragen der Befestigung des Bodens ergebenden Möglichkeit des Anbaus kriegschemisch wichtiger Pflanzen. In Betracht kommt also für unsere Untersuchung einerseits die Grundfrage der technisch-mechanischen Sicherung der jetzt und künftig wichtigsten Nährfläche Europas, andererseits aber geradezu die Eruierung der Bedingungen der Möglichkeit einer Umwandlung weiter durch Bodenzerstörung bereits entstandener Unlandflächen in Rohstoffgebiete für die Kriegschemie, deren Mitbeteiligung an der Kriegsentscheidung umfangreiche Projekte und Maßnahmen rechtfertigt. Es handelt sich somit letzten Endes in einer bestimmten Hinsicht um den Beitrag, den die weite südrussische Kultursteppe zur Stärkung der beiden Fronten, an denen der Schicksalskampf des deutschen Volkes geführt wird, zu liefern in der Lage ist: nämlich der Ernährungsfront sowie der militärischen Front.

Die Boden- und Geländeentwicklung in Südrußland vollzieht sich unter Bedingungen, die in Mittel- und Westeuropa nicht gegeben sind und daher den aus dem Westen kommenden Betrachter einigermaßen fremd anmuten. Dazu kommt, daß die ein-

schlägige Literatur fast ausschließlich russisch geschrieben ist und dem deutschen Interessenten praktisch unzugänglich ist. Es müssen daher in diesem Zusammenhang die allgemeinen Voraussetzungen, unter denen sich die südrussische Boden- und Reliefentwicklung vollzieht, und damit diese selbst kenntlich gemacht und mit entsprechenden andersartigen Erscheinungen anderer Länder, insbesondere Mitteleuropas, verglichen und in Beziehung gesetzt werden, damit die besondere Eigenart der südrussischen Bodenverhältnisse deutlich wird.

Mit den Ursachen der Steppen- und Bodenbildung in Südrußland stehen auch die Ursachen der Bodenzerstörung daselbst in innerem Zusammenhang. Die Destruktion des Bodens vollzieht sich hier im wesentlichen durch die rasche, ruckweise Entwicklung zahlreicher lanzettförmiger Kerbschluchten, die in der weitausgedehnten, mächtigen Lockerbodenmasse Südrußlands, im halbtrockenen Kontinentalklima, auf höher als die benachbarten flachlandzerschneidenden Flußtäler gelegenen Platten, oberhalb des tiefliegenden Grundwassers, ohne Mitbeteiligung von dauernd fließenden Quellen, Bächen oder Flüssen an den Plattenrändern entstehen und sich schnell eintiefen, verbreitern und durch Rückwärtseinschneiden platteneinwärts wachsen und sich dabei gelegentlich verästeln. Die rasche Vermehrung und das starke, in einzelnen Episoden schnell vorschreitende Wachstum der zahlreichen Lockerbodenschluchten ist allein bedingt durch die einschneidende Wirkung des gelegentlich oberflächlich in großer Menge rasch abfließenden Wassers, das von den für das semiaride Kontinentalklima charakteristischen, seltenen, kurzen, aber heftigen Regengüssen des Frühjahrs und Frühsommers herrührt sowie von der im unvermittelt einsetzenden Frühling plötzlich eintretenden und rasch beendigten Schneeschmelze, die ebenfalls eine schnell abfließende Wassermenge liefert. Die hohe Abflußgeschwindigkeit ist einerseits auf die klimatisch bedingte Masse des jeweils abfließenden Wassers, andererseits auf das Gefälle zurückzuführen, das durch die Höhendifferenz zwischen Platten und Flußtälern bedingt ist, die vielfach 50—150 m beträgt. Entstehung und Wachstum dieser im Querschnitt V-förmigen und im Grundriß lanzettlichen und teilweise weitverzweigten Schluchten vollzieht sich also nicht stetig, sondern episodisch. Die Schnelligkeit der Entwicklung dieser im geologischen Sinn jungen, nur zeitweilig durchflossenen, meist aber trockenen Hohlformen, die mit durch dauernd fließendes Wasser entstandenen echten Tälern genetisch nichts zu tun haben, ist veranlaßt durch die große Abtragungsenergie der gelegentlich auftretenden, großen, rasch ablaufenden Wassermengen, deren Wirkung in dem tiefgründigen, durch eine mangelhafte Vegetationsdecke ungenügend geschützten Lockerboden, der den abtragenden Kräften einen nur geringen Widerstand entgegensetzt, natürlich von tiefeinschneidender und weitreichender Bedeutung ist. So kommt es, daß die Schluchten in diesen mächtigen Lockerbodenmassen rasch ausgreifen, sich vergrößern und vermehren, indem sie sich eintiefen, verbreitern, verlängern und verzweigen und damit die Nährfläche zerstören und zerstückeln.

Durch diese Vorgänge wird einerseits landwirtschaftlich wertvollster Boden weggespült und durch die Lockerbodenschluchten hindurch nach den wenigen, durch weite Platten von einander getrennten Flüssen hingeschwemmt und andererseits werden die Felder gerade der fruchtbarsten Bodenzone durch die in großer Menge auftretenden

Schluchten zerschnitten und in sich schnell vermehrende und verkleinernde Riedel zerlegt. Soll nun diesen Vorgängen, von denen ausgedehnte, wertvollste Gebiete betroffen und noch weitere bedroht sind, irgendwie Einhalt geboten werden, so müssen vor allem andern die veranlassenden Ursachen des Vorgangs klar erkannt und bezeichnet werden, denn die Möglichkeit einer Bekämpfung der Erscheinung besteht irgendwie in der Möglichkeit der Ausschaltung von Ursachen, deren Feststellung also vorerst notwendig ist.

Die große Abtragungswirkung des episodisch ablaufenden schluchtenbildenden Wassers ist zurückzuführen — einerseits auf die große Menge des jeweils kurz und rasch abfliessenden Wassers, andererseits auf die große Fließgeschwindigkeit, die außer durch die Wassermasse durch das Gefälle bedingt ist, weiterhin durch die geringe Widerstandskraft des lockeren Materials des tiefgründigen, vorwiegend äolisch entstandenen Aufschüttungsbodens gegenüber der Tätigkeit des zeitweilig abfließenden Wassers — sowie schließlich negativ durch das ursprünglich klimatisch bedingte Fehlen einer den Boden schützenden und festhaltenden, tiefwurzelnden Pflanzendecke. Die weitere Zerstörung der natürlichen Pflanzenhülle durch den Menschen, z. B. durch Vernichtung der Waldreste und vor allem durch die Umwandlung der Natursteppe in Kultursteppe hat der Trockenschluchtbildung Vorschub geleistet und ihr Tempo wesentlich beschleunigt.

Die besondere, räumlich begrenzte, auf ein bestimmtes Gebiet der Erdoberfläche beschränkte Kombination dieser vier natürlichen Bildungsursachen der episodisch durchflossenen und sonst trockenen Kerbschluchten der semiariden, flachen, tälerzerschnittenen Lockerbodengebiete Südrußlands bedingt und bestimmt Größe und Grenzen des Bereichs des Auftretens dieser für das Gebiet zwischen Wolga und Dniestr charakteristischen Schluchtbildung, die auch im südwestlichen Grenzgebiet des Generalgouvernements vorkommt. Es empfiehlt sich diese nur in einem bestimmten Verbreitungsgebiet auftretende Erscheinung einer typischen, kausal definierten Hohlform der Erdoberfläche mit dem in diesem Bereich selbst sowie in der einschlägigen Literatur gebrauchten Ausdruck als owrag — Mehrzahl owragi — zu bezeichnen und dieses russische Wort, das „Schlucht" bedeutet, als Fachausdruck zur Unterscheidung der südrussischen owragi von andersartigen Schluchtformen anderer Gebiete zu verwenden. Es entspricht z. B. keine der in Deutschland als „Schlucht" bekannten Hohlformen genau dem südrussischen owrag, was um etwaigen Verwechselungen und daraus resultierenden Irrtümern vorzubeugen hier ausdrücklich hervorgehoben sei. Weil also Vorgänge und Formen der owrag-Bildung auf eine bestimmte Ursachenverbindung und damit auf eine bestimmte Landschaft im geographischen Sinn beschränkt sind, so ist die dementsprechende spezielle Bezeichnung dieser kausal und regional bestimmten Formen mit dem entsprechenden landschaftsgebundenen Ausdruck sachlich gerechtfertigt.

Das mit owrag nahezu gleichbedeutende Wort bałka verwenden wir, dem russischen Literaturgebrauch folgend, für späte Stadien der owrag - Entwicklung.

Das Gebiet der owragi-Verbreitung nennen wir „Südrußland". So wird es meist in der geographischen Literatur bezeichnet. Es ist damit eine Landschaft ohne bestimmte

Grenzen gemeint. Wir vermeiden in diesem Zusammenhang das Wort „Ukraine", mit dem sich die Vorstellung eines scharf begrenzten politischen oder nationalen Territoriums verbindet, dessen Grenzen mit denen des owragi-Gebiets nicht zusammenfallen.

II. Ursachen der Bodenzerstörung

Der Einblick in den Ursachenkomplex des Vorgangs der owrag-Bildung dient zur präzisen Erfassung der owrag-Form sowie des Ablaufs ihrer Entwicklung, auf Grund deren sich dann weiter ein Ausblick auf eventuelle Möglichkeiten der Bekämpfung, bzw. Stillegung der bodenzerstörenden owragi-Entwicklung sowie einer etwaigen wirtschaftlichen Verwertung ihres weiten Schauplatzes ergeben. Die allgemeinen Ursachen der eigenartigen morphologischen owrag-Bildung sind sowohl tektonischer wie auch klimatologischer und außerdem bodenkundlich-hydrologischer und ökologisch-pflanzengeographischer Art. Zu diesen vier naturgeographischen Faktorengruppen kommen noch kulturgeographische Einflüsse wirtschaftsgeographischer und wirtschaftsgeschichtlicher Art, die die Wirkung der Naturkräfte bis auf den heutigen Tag steigerten und verschärften.

Tektonisch bedingt ist die junge Hebung des ganzen weiten Flachlands von den Karpaten bis zur Wolga um 200—400 m über den Meeresspiegel, infolge deren es von Flußläufen antezedent zerschnitten und damit in einzelne Platten zerlegt wurde, so daß nun der schematisierte Querschnitt durch das Flachland etwa so aussieht:

Fig. 1.



Dadurch entstand die das Gefälle des Plattenabflusses und hierdurch seine Fließgeschwindigkeit und Abtragungsenergie mitbedingende und vergrößernde Höhendifferenz zwischen Platten und Flüssen. So wurde der, wie sich zeigen wird, in zweifacher Form (in Dellen und owragi) vor sich gehende Prozeß der Plattenabtragung möglich. Er dauert in sich beschleunigendem Tempo an bis zur Gegenwart.

Das halbtrockene Kontinentalklima Südrußlands, zu dessen Eigentümlichkeiten die Zusammendrängung der insgesamt geringen Niederschläge auf kurze, heftige vor- und frühsommerliche Regengüsse sowie die Kürze des Frühjahrs mit seiner rapid verlaufenden Schneeschmelze gehört, bedingt die jeweils großen Mengen des gelegentlich mit großer Wucht oberflächlich abfließenden Wassers, das die owragi bildet.

Ebenfalls im wesentlichen klimatisch bedingt ist einerseits die Entstehung sowie andererseits auch die Erhaltung der mächtigen Lockerbodendecke, in der die owragi-Bildung rasch um sich greift. Der pedologische Faktor erscheint somit als Funktion des Klimas. Die Lockerbodenmassen sind überwiegend aus äolischen Aufschüttungsprozessen des Spät- und Nacheiszeitalters außerhalb und d. h. südlich der Grenzen der maximalen Diluvialvereisung hervorgegangen, nördlich (innerhalb) deren sich der aus glazialen und fluvioglazialen Aufschüttungen stammende, ebenfalls, wenn auch weniger, lockere Podsolboden ausbreitet. Der feinstkörnige, mineralreiche, fruchtbare

und an sich poröse Steppenerdeboden, der äolisch entstanden ist, wurde durch oberflächliche Humifizierung infolge des immer wiederkehrenden alljährlichen Neuentstehens und Wiedervergehens und Vermoderns der Steppengräser und -kräuter in seinen oberen Lagen in Schwarzerde und verwandte Bodenarten verwandelt, was ebenso wie die Erhaltung der Gesamtbeschaffenheit des fruchtbaren Lockerbodens vor allem auf klimatische Einflüsse zurückzuführen ist, deren Wirkung durch anderweitige Faktoren gesteigert wird: — nämlich in erster Linie auf die Trockenheit des sommerwarmen und winterkalten Steppenklimas, die im Sommer eine relative und im Winter eine absolute ist. Im heißen Sommer ist der Sättigungsgrad der Luft sehr gering, d. h. die auf die Pflanzenwelt und indirekt auf den Boden wirkende Differenz zwischen möglichem und wirklichem Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist bei hoher Lufttemperatur groß. Die starke, lang andauernde Winterkälte wirkt ebenfalls physiologisch als Trockenheit (bei minimalem wirklichen Wassergehalt der Luft).

Vergrößert wird die Wirkung der Lufttrockenheit auf Boden- und Pflanzenwelt einmal durch die geringe Gesamtmenge des Jahresniederschlags, dann durch die für die owragi-Bildung günstige Form des Niederschlags, der sich hauptsächlich auf einzelne heftige Frühjahrs- und Frühsommerregengüsse mit wolkenbruchartigem Charakter konzentriert, deren Wassermasse teils rasch in den owragi abläuft, teils rasch verdunstet, da ja bekanntlich Sättigungsgrad der Luft und Tempo der Verdunstung im umgekehrten Größenverhältnis stehen, teils schließlich auch im tiefgründigen Lockerboden ziemlich schnell versickert. Dazu kommt die ursprünglich klimatisch bedingte Mangelhaftigkeit der Pflanzendecke, infolge deren das Wasser bei Ablauf, Verdunstung und Versickerung einigermaßen freie Bahn hat. Außerdem steigern austrocknende Winde und Stürme während der Vegetationsperiode Verdunstung und Trockenheit. Auch die langanhaltende starke Winterkälte bei geringer Schneedecke in Verbindung mit austrocknenden Stürmen (Buranen) mit tiefem Eindringen des Frostes in den Boden sowie die dementsprechend geringe Durchfeuchtung des Erdreichs bei der kurzen Frühjahrsschneeschmelze, deren insgesamt geringe Wassermenge rasch abläuft, verdunstet und versickert, gehört zu den Faktoren der Trockenheit, zu denen schließlich noch die tiefe Lage des Grundwasserspiegels zu rechnen ist. Sie ist ein Produkt von Trockenheit (Geringfügigkeit des Niederschlags und Schnelligkeit von Ablauf und Verdunstung), Mangelhaftigkeit der Pflanzendecke, Mächtigkeit des tiefgründigen Lockerbodens sowie relative Hochlage der Platten gegenüber den Flußtälern, die den Abfluß steigert. Drei trockenen Jahreszeiten steht die für Baumwuchs zu kurze niederschlagsreichere Zeit im Frühjahr und Frühsommer gegenüber, wo die Niederschläge bei großer Lufttrockenheit in einer für die Pflanzenwelt ungünstigen Form niedergehen. Auf diese Jahreszeit folgt die heiße Dürre des Spätsommers und dann der ebenfalls trockene Herbst, der rasch in den langen Winter übergeht.

Die steppenbildende und -erhaltende Trockenheit ist somit das Produkt mehrerer Faktoren, die gleichzeitig als Agentien der Bodenzerstörung, nämlich der owragi-Bildung wirken. Dieselbe klimatische Situation, die die Fruchtbarkeit der Böden steigert und erhält, veranlaßt also auch die Vorgänge ihrer Vernichtung und Zerschneidung. Einerseits wird durch das halbtrockene Kontinentalklima teilweise die

Lockerheit des tiefgründigen Bodens erhalten, der in feuchteren Ländern wohl verlehmen und sich mit einer schützenden Pflanzendecke überziehen würde und in trockeneren vermutlich versanden und Wüste würde, — andererseits begünstigt diese Lockerheit das rasche Vordringen der owragi und damit der Bodenzerstörung. Dasselbe aride Klima also, dem letzten Endes Lockerheit, Mineralreichtum, Steppenbildung und damit Fruchtbarkeit des Bodens zu verdanken ist, führt auch zu seiner Zerstörung, zunächst indirekt, indem es Lockerheit und damit Zerstörbarkeit des Erdreichs erhält und es gleichzeitig durch Verhinderung einer erheblicheren Vegetationsdecke eines wirksamen Schutzes beraubt, und dann direkt durch die Erscheinung der Wolkenbrüche, die unmittelbar zur Bodenzerstörung durch owragi-Bildung führt, die durch Stürme, Winterkälte und Geringfügigkeit der Schneedecke noch verstärkt wird. Als eine weitere Mitursache der owragi erscheint die in anderem Zusammenhang soeben erwähnte Tiefenlage des Grundwasserspiegels, oberhalb dessen sich die owragi-Bildung in dem nur zeitweilig durchfeuchteten, meist trockenen Bodenmaterial vollzieht. Von dem Punkt an, wo die owragi-Entwicklung das Grundwasser erreicht, geht sie in Talbildung über. Durch einen etwaigen Grundwasseranstieg würden also owragi in Flußtäler verwandelt. An den Berührungsstellen von owragi-Tiefenlinien und Grundwasserspiegel müssen Quellen entstehen, aus denen dauernd fließende Flüsse entspringen, die owragi in Täler umbilden. Die Tiefenlage des Grundwasserspiegels im Innern der Platten, auf deren Oberfläche sich die owragi-Bildung abspielt, ist ebenso wie die geringe Fluß- und Taldichte charakteristisch für Länder mit halbtrockenem Klima, die sich als Übergangsgebiete einschalten zwischen fluß- und talreiche feuchte Gegenden mit hohem Grundwasserstand einerseits und fast oder ganz fluß- und tallose Trockenlandschaften ohne Grundwasser auf der anderen Seite. In den vergleichsweise großen Zwischenräumen zwischen den Flußtälern dehnt sich das owragi-Gebiet, das mit seiner temporären Entwässerung zwischen dauernd entwässerten humiden und abflußlosen ariden Gebieten vermittelt.

Zu den natürlichen Faktoren der owragi-Bildung tritt als kultureller Faktor, der später zu analysieren ist, die Tätigkeit des Menschen, der durch Vernichtung der Waldreste, vor allem aber durch Aufpflügen der bodenschützenden Steppengrasnarbe, durch bodenlockernde Wegeanlagen, Viehtrieb usw. die Standfestigkeit des Bodens verringerte, bzw. seine Schutzdecke weiter zerstörte und dadurch der owragi-Bildung vorarbeitete und ihr Tempo beschleunigte. Durch die Inkulturnahme des großen Gebiets ist vielenorts der Zerstörungsvorgang der owragi-Bildung überhaupt erst ausgelöst worden. Der kulturelle Faktor hat die Wirksamkeit der Naturfaktoren verstärkt und war der owragi-Entwicklung günstig.

Bei dem Naturvorgang der owragi-Bildung handelt es sich gewissermaßen um einen Vorgang der Selbstverstärkung im Sinn von W. Behrmann, der 1919 diesen Begriff definiert und an Beispielen erläutert hat[1]). Die einzelnen Teilvorgänge

---

[1]) Behrmann, W.: Der Vorgang der Selbstverstärkung. In: Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1919. S. 153—157. Berlin.

verstärken sich gegenseitig und der Mensch hat in Unkenntnis dieser Zusammenhänge die sich selbst verstärkenden Vorgänge vielfach erst in Gang gesetzt oder, wo sie sich schon abspielten, unterstützt.

Das Fehlen einer hinreichenden bodenschützenden Pflanzendecke ist in gewisser Weise Ursache und Wirkung der owragi-Bildung zugleich. Beide zusammen bilden also einen Vorgang der Wechselwirkung, der sich selbst verstärkt. Das Fehlen oder die ungenügende Ausbildung einer solchen den Boden festhaltenden oder den Wasserabfluß hemmenden oder verlangsamenden Vegetationsdecke auf den owragi-zerschnittenen Plattenstücken wirkt mittelbar auf die owragi-Bildung. Unmittelbar dagegen wirkt die Kahlheit der owragi-Flanken, die die radikale Hemmungslosigkeit des temporären Wasserablaufs ermöglicht, dessen Wucht die jähe flächenhafte Gehängeabtragung indirekt durch Unterschneidung veranlaßt, die durch Abspülung und Hangdurchtränkung, die Hangmassen absacken und abrutschen läßt, verstärkt wird. Die Abtragungsepisoden wiederholen sich während der Vegetationsperiode in unregelmäßigen, für das Aufkommen einer Pflanzendecke zu kurzen Abständen. Bei einer Abtragungsepisode findet normalerweise, wie noch darzulegen sein wird, eine ruckweise Vertiefung, Verbreiterung, Rückwärtsverlängerung und eventuell Verzweigung des owrags statt und die owrag-Flanken werden parallel zu sich selbst in die Tiefe und zur Seite verschoben. Diese wiederholte Parallelverschiebung der owrag-Flanken, d. h. dieses ruckweise Zurückweichen der Gehänge wird erst durch die Entblößung der aus lockerem Material bestehenden ungeschützten Hangflächen ermöglicht und zerstört andererseits das pflanzliche Leben an ihnen immer wieder in seinen Anfängen. Damit aber werden die Bedingungen der Wirksamkeit des nächsten Wasserablaufs verbessert, der dementsprechend stärker abtragen und alle Ansätze von Pflanzenvorkommen noch radikaler beseitigen wird, und so verstärkt sich dieser Vorgang selbst, wo er einmal begonnen hat. „Denn ist die Zerstörung erst im Gange, so ist sie nicht mehr aufzuhalten, sie schafft durch sich selbst neue, günstige Bedingungen zum Weiterumsichgreifen". (Behrmann a. a. o.)[1]).

Die dabei beteiligten Gehängerutschungen bilden nach einer feinsinnigen Bemerkung Behrmanns einen eigenen Selbstverstärkungsvorgang, der kurz darin besteht, daß jede infolge von Bodendurchfeuchtung entstandene Rutschung das Gehänge noch mehr lockert, dadurch seine Wasseraufnahmefähigkeit vergrößert und somit die Voraussetzungen, unter denen sich die Rutschung vollzieht, selbst verbessert.

Die Mangelhaftigkeit der Pflanzendecke steigert nicht nur Menge, Schnelligkeit und Energie des zeitweiligen Wasserabflusses, sondern auch die an sich durch Lufttrockenheit bedingte Verdunstung sowie die Versickerung, erhöht also die ursprünglich klimatisch und pedologisch-hydrographisch bedingte Bodentrockenhei , durch die die Pflanzendecke beeinträchtigt wird, deren Mangelhaftigkeit in einer Hinsicht also gleichzeitig Ursache und Wirkung der Bodentrockenheit ist, die wieder auf das Grundwasser wirkt, dessen Tiefenlage für die Pflanzenwelt nachteilig ist und die Bodentrockenheit erhöht. Dazu kommt noch die austrocknende Wirkung bodenzerstörender Stürme, die die Pflanzendecke schädigt und vermindert und durch diese Minderung an Wucht zunimmt. Die Schädigung geschieht teils direkt durch unmittelbare Einwirkung, teils indirekt durch Bodenverwehung und Abfegen der winterlichen

Schneedecke, die an sich schon nicht mächtig ist, wodurch die Tiefenwirkung des Frostes vergrößert und die Durchfeuchtung bei der Frühjahrsschneeschmelze verringert wird.

Übrigens beteiligen sich die Stürme, für die offene Stellen in dem lockeren Gestein gute Ansatzpunkte bedeuten, durch Zerstörung und Ausblasung auch direkt an der owrag-Bildung und steigern sie, wo sie im Gang ist, da die kahlen owrag-Flanken der Windwirkung geeignete Angriffsflächen bieten.

Es handelt sich hier um einen komplexen Vorgang der Selbstverstärkung, der fast alle Teilursachen und -wirkungen der owragi-Entwicklung umfaßt.

Dazu kommt, daß sich bei einer Abtragungsepisode die owrag-Fläche durch Breiten- und Längenwachstum vergrößert. Die Fläche, auf der das Niederschlagswasser bei dem folgenden Regenguß aufgefangen wird, ist somit größer als beim vorangegangenen. Mit der auffangenden Fläche wächst aber unter sonst gleichen Umständen die Menge des aufgefangenen und damit auch des im owrag abfließenden Wassers von einem Regenguß zum andern. Ruckweise, von Regenfall zu Regenfall, nimmt mit der Größe des owrag-Einzugsgebiets die Größe der aufgefangenen und ablaufenden Wassermasse zu, damit auch deren Fließgeschwindigkeit, dementsprechend die Abtragungsenergie, mit dieser wächst das Maß der jedesmaligen Vergrößerung der owrag-Fläche, damit wieder die Menge der episodisch anfallenden Wassermasse und deren lebendige Kraft usw. Und dieser sich selbst verstärkende Vorgang, der durch sein Fortschreiten die Bedingungen seines Wirkens progressiv verbessert, hat vielleicht mit einer geringfügigen Bodenverletzung — etwa durch den Pflug oder eine Wegeanlage — begonnen und geht nun in beschleunigtem Tempo weiter und führt letzten Endes zur Auflösung einer Platte in ein badlandartiges Gewirr von Kämmen mit scharfen Schneiden, kahlen, gleichgeböschten Flanken und einer endlosen Wiederholung des der Materialbeschaffenheit entsprechenden natürlichen Böschungswinkels im Relief der steril gewordenen Landschaft.

III. Die Grundform der Bodenzerstörung

Schon aus der kurzen Übersicht über die tektonisch, klimatisch, pedologisch-hydrologisch und ökologisch-pflanzengeographisch bedingten Verhältnisse, unter denen sich die owrag-Bildung vollzieht, ergaben sich wesentliche Ergebnisse über die owrag-Form und ihre Entwicklung. Die in der Tiefenlinie des owrags gelegentlich rasch abfließende Wassermasse furcht daselbst eine kleine Schlucht aus, deren Wändchen nach Ablauf des schluchtbildenden Wassers rasch einstürzen, da sie sich in dem lockeren, von keinerlei Wurzelgeflecht festgehaltenen Material, das auf den owrag-Flanken in der Richtung des größten Gefälles schnell nachsackt, nicht lang zu behaupten vermögen. Die in der Abspülungsphase neu entstandene Tiefenlinie, zu der das Lockermaterial von beiden Seiten hindrängt, liegt tiefer als die vorher bestandene und wird durch das Abwärtsrücken des Materials vielleicht wieder etwas höher gelegt. Eine solche Tieferlegung der owrag-Tiefenlinie bedingt eine Unterschneidung der beiderseitigen owrag-Flanken, die sich in der Übersteilung der Gehänge der übertieften

kleinen Schlucht im Grund des owrags ausdrückt. Diese Unterschneidung löst Ausgleichsbewegungen aus, die in dem lockeren Erdreich an den owrag-Flanken rasch hangaufwärts bis zu den beiderseitigen owrag-Rändern weitergreifen und diese durch Untergrabung zurückdrängen, so daß der horizontale Abstand zwischen den beidseitigen ausspringenden Randkanten wächst, mit denen sich die owrag-Flanken von den angrenzenden Plattenflächen absetzen. Auf diese Weise zieht jede Eintiefung des owrags auch eine Verbreiterung nach sich, die in einer mit der Eintiefung zusammenhängenden Zurückverlegung der Flanken und Ränder des owrags besteht. Die dahin führenden Ausgleichsbewegungen sind also durch die Untergrabung der owrag-Flanken, nämlich durch die Übersteilung ihres untersten Abschnitts infolge der episodischen Kleinschluchtbildung entlang der Tiefenlinie, bewirkt und setzen sich von da beginnend in dem schutzlosen Lockerboden leicht nach oben fort bis zum Plattenrand, der unterschnitten wird. Durch diese randliche Unterschneidung wird oft da, wo noch eine geschlossen zusammenhängende und zusammenhaltende Steppengrasnarbe vorhanden ist, deren Randstreifen seiner Unterlage beraubt, so daß er oben über die owrag-Flanke überhängt oder stückweise abreißt und abrutscht oder abkollert, so daß unterhalb einer solchen, manchmal deutlich erkennbaren, Abrißstelle die abgerissenen und abgerutschten Stücke in verschiedener Höhe auf den owrag-Hängen liegen. Mitunter gelangen solche Grasplaggen auch bis zum owrag-Grund und bleiben da liegen bis zum nächsten Wasserablauf. Solche über die oberen Ränder der schrägen owrag-Flanken herabhängenden randlichen Partien der Steppengrasnarbe, die vielfach frische Abrißstellen aufweisen, sowie auf den owrag-Seitengehängen umherliegenden Grasplaggen verschiedener Größe bilden im Zusammenhalt mit den Versturzerscheinungen an den Wändchen der kleinen Schlucht an der owrag-Tiefenlinie und der Frische der neu abgetragenen Hangfläche sozusagen sichtbare Beweise für die mit der episodischen Tiefeneinschneidung des owrags verbundene jeweilige Verbreiterung seines Querschnitts.

Diese episodisch sich in unregelmäßigen Zeitintervallen wiederholende Kleinschluchtbildung mit ihren übersteilten Wändchen stellt eine Unterbrechung des natürlichen Böschungswinkels am untersten Gehängeabschnitt dar und damit eine Störung des Gleichgewichts der Massen, die in dem lockern nicht durchwurzelten Bodenmaterial nicht lange andauern kann und nur dadurch überhaupt zu entstehen in der Lage ist, daß das Tempo der durch stark einschneidende Gelegenheitsbäche bewirkten Kleinschluchtbildung noch größer ist als die Schnelligkeit der daraufhin sofort einsetzenden Ausgleichsbewegungen, die zunächst zum Einstürzen der Schluchtwändchen führen, die sich in dem lockern Material nicht lang halten können, und sich dann von da an schnell hangaufwärts fortsetzen, bis über die ganzen Gehänge hin zugleich mit dem natürlichen Böschungswinkel die Gleichgewichtslage, bzw. die „Korrelation zwischen Bodenart und Gehängeneigung“[2]) wieder hergestellt ist.

Diese durch die Schluchtbildung an der owrag-Tiefenlinie veranlaßte, an den owrag-Hängen von unten nach oben rapid fortschreitende Ausgleichsbewegung, der die ruckweise Zurückverlegung der owrag-Flanken und -Ränder zuzuschreiben ist, hat

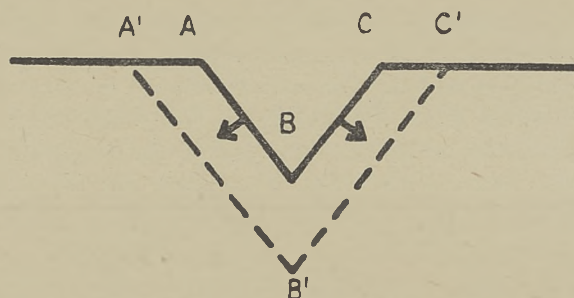
---

[2]) Penck, Walther: Morphologische Analyse. Ein Kapitel der physikalischen Geologie. Geogr. Abh. herausgeg. v. A. Penck in Berlin, zweite Reihe, H. 2. Stuttgart 1942.

ihr Ziel erreicht, wenn der vor der Eintiefungsepisode vorhanden gewesene, dem Lockerheitsgrad des Bodenmaterials entsprechende natürliche Böschungswinkel der Gehänge auf den ganzen Flankenflächen von unten bis oben wiederhergestellt ist. Diese Wiederherstellung der natürlichen Böschung der owrag-Flanken nach der Einschneidungsepisode erfolgt aber nicht mehr da, wo sich die Gehänge vorher befunden hatten, sondern in einer seitwärts und tiefenwärts verschobenen neuen Lage. Da in der früheren wie in der späteren Lage des Gehänges der materialbedingte Böschungsgrad etwa der gleiche sein dürfte, so verschieben sich also bei jeder Abtragungsphase die owrag-Flanken parallel zu sich selbst nach der Tiefe und nach den Seiten.

Diese ruckweise Parallelverschiebung der beiden schrägen owrag-Flankenflächen, die zusammen einen V-förmigen Winkel bilden, dessen Größe von dem natürlichen Böschungsgrad abhängt, wird somit ausgelöst durch die episodische Tiefeneinschneidung, mit der jedesmal eine entsprechende flächenhafte Flankenabtragung verbunden ist. Diese Flächenabtragung ist nicht allein durch die von der owrag-Tiefenlinie her von unten nach oben wirkende Untergrabung der Hänge, sondern auch durch die von oben nach unten wirkende Flächenabspülung mitbedingt, die sich vielfach auf Runsen, Rinnen, Rillen und Risse bildende Hauptabflußlinien konzentriert, sowie durch die von innen nach außen wirkende gleichzeitige Hangdurchtränkung, die Rutschungen und Gleitvorgänge, bzw. Absackungen des Materials an den Gehängen bedingt, ermöglicht oder beschleunigt. Die während der Abtragungsepisoden stattfindende Kombination dieser Vorgänge an den owrag-Flanken bedingt zusammen mit der Eintiefung die Seiten- und Tiefenverschiebung, die bei gleichbleibendem Böschungswinkel bei gleichbleibendem Material in einer Parallelverschiebung der owrag-Flanken besteht, deren Maß das Wachstum des owrag-Querschnitts während einer Abtragungsepisode bezeichnet. Dabei besteht ein bestimmter Zusammenhang zwischen Tiefen- und Breitenwachstum, dessen Gesetzmäßigkeit sich aus der beigefügten Skizze ergibt, in der die punktierte Linie den vor der Abtragungsepisode, die ausgezogene den nachher vorhandenen owrag-Querschnitt darstellt.

Fig. 2.



A B C bezeichnet den vorausgegangenen, A' B' C' den neuen owrag-Querschnitt, A' B' C' — A B C das Maß des Querschnittwachstums, A A' + C C' das Breitenwachstum, B B' das Tiefenwachstum. Die Pfeile bezeichnen die Richtung der Parallelverschiebung der Hänge von A B nach A' B' und von C B nach C' B', bei der die owrag-Flanken um die Beträge A' B' — A B, bzw. B' C' — B C wachsen.

Durch diese episodische Parallelverschiebung der owrag-Flanken wachsen diese, wie sich aus Fig. 2 ergibt, und dadurch wächst der owrag in die Breite und in die Tiefe.

Der owrag verbreitert sich also, indem er sich vertieft, und das Maß der Verbreiterung in einer Wachstumsepisode ist gleich dem Betrag, um den die beiderseitigen owrag-Randkanten zurückrücken. Um eben denselben Flächenbetrag wird aber die anstoßende Plattenfläche verkleinert und damit in fast allen Fällen das Ackerland, das sich auf den Platten bis zu deren Rändern hin ausbreitet, die bei jeder neuen Phase der owrag-Bildung weiter platteneinwärts vordringen.

Das bei gleichbleibendem Lockermaterial andauernde Gleichbleiben des Böschungswinkels der ruckweise zurückweichenden owrag-Hänge bedingt auch die Regelmäßigkeit und Gleichförmigkeit der owrag-Flankenabdachungen zwischen flachen, vielzerschnittenen Riedeln, sowie die Schärfe der Randkanten, mit denen die Riedelflächen an die owrag-Flanken grenzen. Das rasche Hinaufgreifen der Unterschneidungswirkung von der kleinen Schlucht im owrag-Grund über die owrag-Flanken hinweg aufwärts bis zu den owrag-Rändern bedingt die Schärfe dieser Randkanten, die bei deren etappenweisen Lageveränderungen, die jeweils durch Erneuerung der Unterschneidungsvorgänge bedingt sind, unverändert erhalten bleibt. Wie sich die ephemere Schlucht unten im owrag immer wieder in wechselnden Intervallen erneut um immer wieder zu verfallen, so werden auch die Kanten, mit denen die owrag-Flanken oben an die umgebende Steppenplatte angrenzen, immer wieder, so oft sie zurückverlegt werden, von neuem zugeschärft, sodaß die Form der Kanten bei wechselnder Lage gleich bleibt.

Bei Änderung der Beschaffenheit des hangbildenden Materials, die sich bei Eindringen der owragi-Eintiefung in tiefere Horizonte ergeben kann, ändert sich dementsprechend auch der in erster Linie vom Gestein abhängige Böschungswinkel und damit der owrag-Querschnitt, wie noch zu zeigen sein wird. In diesem Fall kann dann freilich nicht mehr die Rede sein von Parallelverschiebung, die Materialgleichheit voraussetzt.

Mit dem Tiefen- und Breitenwachstum der owragi steht deren Längenwachstum in innerem Zusammenhang, das sich durch ruckweises rückwärtseinschneidendes Wachstum der owragi-Spitzen vollzieht. Dieser Platten und Äcker zerschneidende Vorgang der Rückwärtsverlängerung der owragi beginnt an den Plattenrändern und dringt von da her platteneinwärts vor. Dabei werden die Platten zerschnitten und in Riedel zerlegt und die Feldflur zerstückelt.

Im Zusammenhang mit der Rückwärtsverlängerung der owragi steht deren gelegentliche Gabelung oder Verzweigung, die da auftritt, wo das Spitzenwachstum eines owrags gleichzeitig in verschiedenen Richtungen fortschreitet. Dadurch entstehen owragi-Systeme, die eine immer raschere, vielseitigere Durchdringung, Zerstückelung und Auflösung der Platten und ihrer Äcker bewirken. Diese vielfältigen owragi-Systeme greifen in dem widerstandslosen weichen Lockermaterial rasch aus und zerlegen die Platten in sich schnell vermehrende und verkleinernde Riedel, die durch das Breitenwachstum der owragi seitlich reduziert und durch deren Längenwachstum durchschnitten werden. Bei dieser Grundrißentwicklung der owragi bleibt der typische owrag-Querschnitt mit seiner spezifischen Hangböschung, der sich in allen neu

entstehenden owrag-Ästen in monotoner Gleichförmigkeit wiederholt, immer der gleiche. Die Riedel werden durch die von den Seiten her vordringenden owrag-Flanken immer mehr verschmälert, und, wo sich die beiderseitigen Flanken berühren, in Schneiden verwandelt, deren Querschnitt etwa eine Umkehrung des owrag-Querschnitts darstellt (Λ).

So werden die flurentragenden Riedel durch die von den Seiten her vordringenden owrag-Flanken immer mehr verschmälert und schließlich, wenn sich die beiderseitigen Flanken verschneiden, ganz aufgezehrt. Damit sind auch die Äcker der Riedelfläche vernichtet und an ihre Stelle sind Schneiden getreten, deren Schärfe jeweils von dem Böschungswinkel der beiderseitigen Hangflächen abhängt, der sich bei der folgenden Tieferlegung der Schneiden verringert.

Diese Kämme verzweigen sich vielfach entsprechend dem Grundriß der zugehörigen owragi-Systeme und so entsteht, wie schon angedeutet, letzten Endes aus einer humusreichen, fruchtbaren Plattenlandschaft ein steriles, seiner ursprünglichen Humusdecke beraubtes, verkehrsfeindliches Ödland, das mit seiner endlosen Wiederholung gleichförmiger, kahler Kämme und Kerbschluchten mit immer gleichgeböschten Hangflächen an die Landschaft der badlands im Westen der nordamerikanischen Prärienzone erinnert, der das Spätstadium der Entwicklung der owragi-Landschaft, das glücklicherweise erst an wenigen Stellen erreicht ist, auch genetisch durchaus entspricht.

IV. Vergleiche mit Abtragungsvorgängen und Formen anderer Gebiete

Die besondere Eigenart der owrag-Bildung wird verdeutlicht durch einen Vergleich der owragi mit anderen langgestreckten, sich gleichsinnig abdachenden Hohlformen der Erdoberfläche, die sich durch oberflächlich abfließendes Wasser bilden und entwikkeln. Es sind dabei zwei Gruppen von Hohlformen zu unterscheiden, solche, deren Entstehung und Entwicklung durch dauernd fließendes Wasser veranlaßt wird, und solche, die durch zeitweilig abfließendes Wasser bedingt sind. Zur ersten Gruppe gehören die verschiedenen Arten der echten Täler, zur letzteren Talungen, Wadis, Korrasionstäler, owragi, Tobel, Dellen, Tilken, Runsen, Rillen, Wasserrisse, Karren, Wegeerosionseinschnitte und sonstige Schluchten und Furchen, durch die periodisch oder episodisch Wasser abfließt, wie z. B. Lößschluchten usw. Bei der Bildung dieser Hohlformen, deren Aufzählung noch weiter fortgesetzt werden könnte, verbindet sich ähnlich wie bei den Tälern die Wirkung des abfließenden Wassers mit einer bei jedem Typ verschiedenen Kombination anderer Vorgänge, durch die Material von den Flanken nach der Tiefenlinie, bzw. längs derselben abwärts transportiert wird. Vielenorts ist dieser Vorgang an die vorausgegangene Zerstörung von festem Material gebunden, dem die Abfuhr der Lockermassen oder Denudation folgt. Den Ausdruck „Erosion“ beschränken wir auf die zerstörende und abtragende Wirkung des dauernd fließenden talbildenden Wassers der Bäche, Flüsse und Ströme und verwenden ihn daher nicht für die Wirkung des zeitweilig abfließenden Wassers, wie dies häufig geschieht (z. B. bei dem Wort „Bodenerosion“).

Bei der Vergleichung der owragi mit andern durch oberflächlich abfließendes Wasser hervorgerufenen, mehr oder weniger langgestreckten Hohlformen mit gleichsinnigem Gefälle sollen nur diejenigen Momente aus der Überfülle des Stoffs herausgegriffen werden, die sich zur Verdeutlichung der owragi-Bildung eignen. Wir gehen dabei aus von den drei Anschauungsformen, in denen sich die Gestalt der Hohlform darbietet: Längsschnitt, Querschnitt, und Grundriß.

a) Täler

Der Vergleich der owragi mit den völlig andersartigen Tälern, zu denen auch Klammen, Cañons und Jare zu rechnen sind, bietet nicht viel Bemerkenswertes. Wie alle unter Mitwirkung des oberflächlich abfließenden Wassers entstandenen, langgestreckten Hohlformen so weisen auch die owragi im Längsschnitt ein gleichsinniges Gefälle auf, d. h. die owrag-Tiefenlinie, der bei Tälern der Talweg entspricht, fällt ununterbrochen von ihrem Anfang bis zum Ende hin, da sie, wie wir sahen, durch zeitweilig abfließendes Wassers entstanden ist, das sich stauen müßte an Strecken entgegengesetzten Gefälles, die daher im Verlauf der owrag-Bildung nicht entstehen können, bzw., wo sie doch entstanden sind, entweder vom owrag überwunden oder umgangen werden.

Im allgemeinen folgt das rasche, stoßweise Spitzenwachstum der owragi ähnlichen Gesetzen wie das meist gleichmäßige und fast immer viel langsamer vor sich gehende Rückwärtseinschneiden von perennierenden Flüssen bei Tälern, die sich unter der Einwirkung von dauernd fließendem Wasser in der Richtung von der Mündung zum Talursprung hin talaufwärts entwickeln. Während aber die Flußtäler bei ihrem Beginn vielfach Quellmulden, -becken oder -trichter bilden, die vom Talhintergehänge umrahmt werden, an dessen Fuß der Talweg erst beginnt bzw. geknickt wird, steigt im owrag die Tiefenlinie meist gleichmäßiger owragaufwärts bis zur lanzettförmigen owrag-Spitze, die als owrag-Beginn oder -Anfang von der Steppe her gesehen erscheint und als owrag-Ende oder -Schluß vom owrag aus. Der Unterschied rührt daher, daß die Talschluß und Quellbecken oder Trichter bildenden Kräfte im owrag nicht in derselben Weise wirken. Ähnlich am untern Ende des owrags, wo dieser sich in einen andern owrag oder ein Tal öffnen muß, da das im owrag episodisch abtransportierte Material ebenso wie das Abflußwasser einen Ausgang braucht. Beim owrag-Ausgang in ein Tal tritt oft eine Stufe auf, mit der der owrag über dem Talboden hängt, während Täler normalerweise gleichsohlig ineinander münden, was daher rührt, daß die Talbildung nach einheitlichen Gesetzen durch Rückwärtseinschneiden talaufwärts fortschreitet, und dieser Vorgang sich nur in Tal-, nicht in owrag-Strecken fortsetzen kann, da hier andere Kräfte wirken als dort, weshalb es an den Mündungen von owragi in Täler oft zu Unterbrechungen der Gefällskurven durch Stufenbildung kommt. Das Niveau des Flußtals, in das ein owrag mündet, bildet also für diesen nicht so ohne weiteres die lokale Erosionsbasis, bzw. Denudationsbasis, wie für ein Nebenflußtal.

Klar und deutlich ist der Gegensatz von Tal und owrag bei der Querschnittentwicklung, die beim owrag ausgeht von der kleinen, ephemeren Schlucht, die sich im untersten Abschnitt des Querschnitts immer wieder erneuert, verfällt, dabei tiefer gelegt wird und jedesmal neu einsetzende Abwärtsbewegungen an den Flanken auslöst, die bis

zu den Plattenrändern hinaufreichen. Die owrag-Tiefenlinie bildet also die unstetigen Niveauänderungen unterworfene örtliche Denudationsbasis für die sich an den owragi-Flanken abspielenden Abtragungsprozesse. Die Rolle dieser kleinen, ephemeren Schlucht vertritt im Flußtal das dauernd durchflossene Flußbett, dessen Entwicklung anderen Gesetzen gehorcht und daher auch die Gehängebewegungen in anderer Weise leitet. Vor allem kommt im Querschnitt der meist bestehende Altersunterschied zwischen Tal und owrag zum Ausdruck. Während bei der bisher besprochenen einfachen owrag-Form der Querschnitt alle Merkmale der Jugend und Frische aufweist und meist nicht länger standhält, als die kurze Spanne zwischen zwei Abtragungsphasen dauert, entstammen die Teile des Talquerschnitts oft verschiedenen Entwicklungszyklen, was sich zum Beispiel in Terrassenbildung, Flankenböschung usw. ausdrückt. Dementsprechend ist der owrag-Querschnitt fast ausschließlich durch die Beschaffenheit, Durchlässigkeit und Widerständigkeit des Materials, in dem er sich entwickelt, die Form des Talquerschnitts dagegen vielfach mehr durch die talgeschichtliche Entwicklung bedingt und daher unabhängiger vom Gestein. Wie im Querschnitt so weisen auch in Längsschnitt und Grundriß die Täler oft Spuren mehrerer Zyklen auf. Dagegen muß die Erörterung des owrag-Zyklus noch zurückgestellt werden.

Auf die Talgrundrißgestaltung wirkt vielfach die Neigung der Flüsse zur Schleifen- oder Mäanderbildung ein, die aus der Eigenart der Flußwasserbewegung resultiert, soweit diese sich in mittleren Geschwindigkeiten bewegt, während die durch die owragi abwärts schießenden Gelegenheitsbäche die Neigung zu geradliniger Bewegung in der Richtung des größten Gefälles aufweisen, und nur an direkt entgegenstehenden Hindernissen, die das Abflußwasser zum Ausweichen zwingen, wird die gerade Richtung verlassen. Daher überwiegen im owrag-Verlauf geradlinige Strecken, zwischen die sich einzelne Knickungen einschalten, die mit Mäandern nichts zu tun haben. Dagegen verrät der Talverlauf, und in manchen Fällen auch nur der Talränderverlauf, fast durchweg die Wirkung des Flußmäandrierens.

Mit dem Mäandrieren der Täler hängt die Erscheinung der alternierenden Asymmetrie der Gehänge zusammen, die darauf zurückzuführen ist, daß Flußmäander das Bestreben zeigen. sich nach den Seiten und talabwärts zu verschieben, wodurch die in dieser Richtung gelegenen Prallhänge versteilt und die gegenüberliegenden Gleithänge verflacht werden. Entsprechende Erscheinungen treten bei den owragi zurück.

Eine weitere Fortsetzung dieser Ausführungen erübrigt sich.

So gegensätzlich auch die Entwicklung von dauernd entwässerten Tälern und zeitweilig durchflossenen owragi verläuft, so kann doch die owragi-Entwicklung zur Talbildung führen und direkt in diese übergehen, nämlich dann, wenn durch die owragi-Eintiefung der tiefliegende Grundwasserspiegel erreicht wird. In diesem Fall findet eine Anzapfung des Grundwassers durch den owrag statt, der dadurch von der Anzapfungsstelle, d. h. von der neu erschlossenen Quelle, an talabwärts dauernd durchflossen wird. In diesem Abschnitt beginnen damit die Gesetze der Talbildung zu wirken, die den owrag in ein Tal verwandeln. Oberhalb der Talursprungsquelle können owrag-Formen erhalten bleiben. Talaufwärts- oder Talabwärtsverlegungen der Quelle folgen entsprechende Verschiebungen der Tal-owrag-Grenze.

b) Tobel

Aufschlußreichere Einblicke in das Wesen der owrag-Bildung als Hinweise auf die völlig abweichende Talbildung bieten Vergleiche mit andersartigen langgestreckten Hohlformen der Erdoberfläche, die sich ebenso wie die owragi unter der vorwiegenden Einwirkung des nur zeitweilig oberflächlich abfließenden Wassers entwickeln. Aus der Fülle dieser Formen werden hier nur die typischen, genetisch klar definierten Bildungen der Tobel und Dellen zum Vergleich herangezogen. Da es sich um eine vergleichende Betrachtung handelt, können nur diejenigen Züge der Entwicklung dieser Hohlformen zur Darstellung gelangen, die in markanter Weise mit der owrag-Bildung kontrastieren.

Die Tobel treten nach Otto Lehmann, der wohl als der klassische Darsteller der Tobelmorphologie bezeichnet werden kann, auf „in Gebirgen aus wenig durchlässigen Gesteinen, wo zugleich eine Verwitterungsdecke und Pflanzenwuchs sich hinziehen über Wasserscheiden und Abhänge“[3]), also unter Verhältnissen, die von den Bedingungen der owrag-Bildung wesentlich abweichen. Und darin beruht der Gegensatz von Tobel und owrag in Form und Entwicklung. In beiden Fällen kommen andere Kräfte zur Geltung, die andere Vorgänge wirken lassen, die da und dort einen verschiedenen Ablauf der Formenentwicklung veranlassen.

Ebenso wie die owrag-Bildung wird auch die Tobelentwicklung durch episodische Kleinschluchtbildung ausgelöst und weitergeführt. Aber diese entlang der Tiefenlinie stattfindende Schluchtbildung samt ihrer indirekten Einwirkung auf die von ihr abhängigen, sie beiderseits begleitenden Hänge gestaltet sich bei Tobel und owrag unter anderen Voraussetzungen völlig anders:

Die episodische Schluchtbildung geht im Tobel langsamer vor sich als im owrag und ihre indirekte Einwirkung auf die beiderseitigen, oberhalb und außerhalb der Kleinschlucht ansteigenden Hangflanken schreitet beim Tobel langsamer hangaufwärts vor als an den owrag-Gehängen, die sie ruckweise übergreift, weswegen die ursprüngliche Kerbform beim Tobel konvexe und beim owrag geradlinig geböschte Hänge aufweist. Dementsprechend vollzieht sich das Breiten- und Tiefenwachstum beim owrag in rascherem Tempo als beim Tobel, wie auch die episodische, ephemere Schlucht, von der die Entwicklung ausgeht, sich im owrag viel rascher als im Tobel vertieft, verbreitert und verfällt, so daß sie dort seltener und weniger deutlich entgegentritt als hier. Trotzdem muß sie auch im owrag, wo sie oft durch einen sandigen, talsohlenähnlichen Geländestreifen vertreten wird, der sich seitlich durch Unterschneidung der lockeren, schutzlosen Gehänge verbreitert, theoretisch als Ausgangsort der owrag-Entwicklung festgehalten werden.

Das feuchtere Klima, in dem der Tobel auftritt, liefert zu seiner Entwicklung nie auf einmal so große, zusammen ablaufende Wassermassen wie die Platzregen und jähen Schneeschmelzen der Steppe, wo der owrag vorkommt. Dazu kommt, daß diese jeweils kleineren Gesamtmassen des Abflußwassers beim Tobel im humiden Klima durch die

---

[3]) Lehmann, Otto: Die Talbildung durch Schuttgerinne. Festband Albrecht Penck. S. 48—65. Stuttgart 1918.

Vegetation mehr am Abfluß behindert werden als die jeweils größeren Wasserfluten, die im owrag zwischen kahlen Hängen dahinschießen. Weiterhin kommt dazu, daß beim Tobel das feste Gestein im Untergrund und die Durchwurzelung des Lockerbodens die von der Kleinschlucht ausgebende Unterschneidungswirkung nicht so rasch und stark hangaufwärts weiterwirken lassen wie an den entblößten, aus lockerem Material aufgebauten owrag-Hängen, die durch Schluchtbildung an ihrem Fuß rascher zur Seite geschoben werden können als beim Tobel, wo festes Gestein den Untergrund bildet und Bewurzelung den Lockerboden festhält. Daher wächst die Schlucht beim owrag rascher in die Breite und bei gleichem Gefälle auch in die Tiefe als beim Tobel. Somit ist einerseits der jeweilige Abfluß im Tobel aus klimatischen Gründen geringer und andererseits aus Gründen der Beschaffenheit und Mächtigkeit des Bodens und der Pflanzendecke weniger wirksam als beim owrag. Und zwar handelt es sich dabei sowohl um die unmittelbare Wirkung an der Tiefenlinie wie auch um die mittelbare an den Hängen, die beim owrag, wo sich die Abtragungswirkung rasch von unten nach oben ausbreitet und daher flächenhaft wirkt, Hangflächen mit geradem Profil herstellt, während sie beim Tobel erst den untersten Teil der Seitengehänge ergreift und von da an, von den Wurzeln aufgehalten, nur langsam weiterrückt, wobei noch der Widerstand des festen Gesteins zu überwinden ist, das entsprechend dem Tempo seiner Entblößung durch Abwanderung des Lockerbodens erst allmählich aufbereitet wird, bevor es von dem Abtragungsvorgang, der dadurch verlangsamt wird, nach und nach erfaßt werden kann. Daraus ergibt sich beim Tobel ein im großen ganzen konvexes Profil der Gehänge, deren Böschung unten größer ist als oben. Die Einzelheiten dieses von Otto Lehmann untersuchten Vorgangs kommen hier nicht in Betracht.

Was für das Querschnittwachstum zutrifft, gilt auch für die Entwicklung von Längsschnitt und Grundriß. Unter der Einwirkung der Sturzregen schreitet das ruckweise Rückwärtseinschneiden des owrags und seine Verzweigung und Verästelung in der mächtigen, weichen Lockerbodenhülle des Steppengebiets rascher vor als die Rückwärtsverlängerung des Tobels in den gleichmäßiger beregneten, meist bewaldeten Hügel- und Mittelgebirgsländern humider Landschaften, z. B. Mitteleuropas.

Es ergibt sich: *der owrag entwickelt sich in rascherem Tempo mit schärferen Formen als der Tobel.* Besonders die Ränder und die oberste Endspitze sind beim owrag viel schärfer als beim Tobel, dessen Flanken meist bei ihrem Übergang in die Umgebung verrundet sind, und dessen Ursprung einen Quelltrichter oder eine Quellmulde bildet, deren morphologische Diskussion hier zu weit führen würde.

An die Stelle des Quellbeckens tritt beim owrag die lanzettliche Spitze, bis in die hinein, owrag-aufwärts, Kleinschlucht- und Furchenbildung reicht, die im Lockerboden auch in kleinstem Format noch möglich ist.

Die Wirkung des episodischen Wasserablaufs in der Kleinschlucht ist abhängig einerseits von Wassermasse(m) und Fließgeschwindigkeit(v), welch letztere wieder von der Wassermenge, zu der die Reibung etwa im umgekehrten Verhältnis steht, und dem Gefälle abhängt, nach der Formel $\frac{m v^2}{2}$ für die Energie des abfließenden Wassers, sowie von dem Widerstand, den das betroffene Material der Abtragungsenergie ent-

gegensetzt. Zu der lebendigen Kraft des abfließenden Wassers tritt nach W. Penck[4]) noch die Energie des mechanisch transportierten Materials $\frac{m_1 v_1^2}{2}$, die, weil unbekannt, in diesem Zusammenhang, wo der Vorgang nur ganz allgemein in Betracht kommt, außer acht bleiben muß und kann.

Beim owrag ist, wie wir sahen, die Energie $\frac{m v^2}{2}$ der Gelegenheitsbäche und ihre Wirkung außerordentlich groß, weil m groß ist infolge starken Wasseranfalls bei Platzregen und rascher Schneeschmelze bei geringen Ablaufhemmungen und dementsprechend auch v. Dazu kommt, daß der Widerstand des tiefgründigen Lockerbodens gering ist.

Also m und v groß, Materialwiderstand klein, daher die Wirkung von $\frac{m v^2}{2}$ groß. Beim Tobel ist es umgekehrt: die Energie $\frac{m v^2}{2}$ des Gelegenheitsabflusses ist relativ klein, m und v sind vergleichsweise gering, da im humiden Klima bei seiner gleichmäßigeren Niederschlagsverteilung und langsameren Schneeschmelze die jeweils auf einmal abfließenden Wassermengen geringer sind und dementsprechend auch ihre Fließgeschwindigkeit, die außerdem durch die pflanzlichen Hemmungen des Abflusses noch weiter herabgesetzt wird. Dazu kommt hier der die Abtragung verzögernde Widerstand, den das Gestein im Untergrund der Tobelbildung entgegenstellt. Die kleine Schlucht bleibt schmäler und unter gleichen Gefällsverhältnissen seichter, länger halten sich ihre Wändchen, bei deren Versturz das durchwurzelte Material nur langsam nachsackt, und zwar zunächst nur aus der unmittelbaren Nachbarschaft der Kleinschlucht, wo das Bodenabwandern erst die Möglichkeit für das Nachrücken weiterer Bodenstreifen bildet, und erst dann kann die Abtragung weiter in die Tiefe greifen, wenn das durch das Bodenabwandern entblößte und dadurch der Verwitterung ausgesetzte Gestein durch Aufbereitung soweit zerkleinert ist, daß es von der Abtragung erfaßt werden kann, die dadurch behindert wird. So entstehen über den Schluchtwändchen die Tobelgehänge und über diesen sanfte Übergangsböschungen, die allmählich in die angrenzenden Riedelflächen übergehen. Dagegen setzen sich die owragi mit unterschneidungsbedingten scharfen Rändern von den benachbarten Riedeln ab. Die Schärfe der owrag-Randkanten tritt besonders bei schräger Beleuchtung in der klaren Luft der Steppenlandschaft schlagschattenscharf hervor.

Bei einer Betrachtung des Vergleichs von Tobel- und owrag-Bildung unter dem leitenden Gesichtspunkt der Bodenzerstörung und Bodensicherung ergibt sich, daß der owrag für das umgebende Gelände durch Art und Schnelligkeit seiner Entwicklung eine sehr viel größere Bedrohung und Gefahr bildet als der langsamer und gleichmäßiger wachsende Tobel. Dabei drängt sich die Frage auf, ob etwa durch irgendwelche Anpflanzungsmethoden owragi in Tobel verwandelt werden könnten durch Umwandlung der owrag- in Tobelbildungsvorgänge. Denn dadurch wäre eine Sicherung der owragi-bedrohten Nährfläche erreicht. Dieses Problem ist in anderem Zusammenhang noch zu behandeln.

---

[4]) Penck, W.: Wesen und Grundlagen der morphologischen Analyse. In: Ber. der math.-phys. Kl. d. Sächs. Akad. d. Wiss. zu Leipzig. LXXII, Bd. 6, 12. 1920.

c) Dellen

Eine andersartige Form der unter Mitwirkung des zeitweilig abfließenden Wassers gebildeten Hohlformen stellen die Dellen dar.

„Dellen sind" nach H. Schmitthenner[5]), der die morphologische Entstehung und Bedeutung dieser Hohlformen grundlegend bearbeitet hat, „flache, langgestreckte, oft auch verzweigte Hohlformen von gleichsinnigem Gefälle, deren Wände in sanfter Rundung ineinander übergehen, ohne gegen eine Sohle abgesetzt zu sein. Diese Rundung und das Fehlen eines dauernd fließenden Baches unterscheidet die Dellen von flachen Tälern.

Am auffälligsten sind die Dellen auf den Hochflächen. Ein Geländerücken löst den anderen in ewiger Monotonie ab, eine Delle die andere".

Das gleichartige Auftreten von Dellen auf Hochflächen läßt diese als „leichtwellig" erscheinen. „Durch die Dellen kommt die flachwellige Gliederung zustande, die auf allen Abtragungsflächen zu finden ist. Als ein Prozeß, der von oben nach unten wirkt, erniedrigt die Dellenbildung in ewiger Einförmigkeit sich selber gleich die Hochflächen, die der Erosion entzogen sind. Natürlich ist fortgesetzte Dellenbildung ohne Flüsse und Täler nicht denkbar. Die Flüsse müssen das Material forttragen ..."

Vom Grund- und Aufriß der Dellen sagt H. Schmitthenner: „Im großen ganzen sind die Dellen gerade. Krümmungen und vor allem Windungen, wie sie die Flüsse und Täler zeigen, fehlen. Dagegen treten oft charakteristische, scharfe Knickungen in ihrem Verlaufe auf. Die normale astförmige Abzweigung der Dellen und Seitendellen ist nur dort in reiner Ausbildung zu finden, wo ein weiches, undurchlässiges Gestein ansteht." — „Gleithang und Prallhang ist in den Dellen nichts Gesetzmäßiges." — „..., das Fehlen von Windungen, die durch Knickungen ersetzt sind, machen es klar, daß selbst die großen Dellen nicht eigentlich durch Bäche oder Flüßchen geschaffen worden sind. Ein weiterer schwerwiegender Beweis gegen den Charakter der Dellen als greisenhafte Täler ist ihre innige Abhängigkeit in Häufigkeit, Grundriß und Aufriß von dem Gestein."

Schmitthenner betont, daß die Dellenbildung durch weiches, undurchlässiges Gestein in jeder Hinsicht gefördert wird, und folgert aus dieser Abhängigkeit der Dellen vom Gestein die Bedeutung dieser Abtragungsformen für die Entwicklung von Schichtstufenländern[6]).

Der genetische Gegensatz von Tälern und Dellen wird hervorgehoben. Dellen waren nie Täler (das zeigt ihre Morphologie), dagegen können Täler aus Dellen hervorgehen[5]): „Wird eine Delle so tief, daß sie das Gestein bis auf seine Unterlage durchsinkt, erschließt sie einen Quell und wird zum Tälchen, das nicht mehr integrierender Bestandteil der Hochfläche ist, sondern dieselbe als mehr oder weniger deutlicher Einschnitt unterbricht."

---

5) Schmitthenner, H.: Die Entstehung der Dellen und ihre morphologische Bedeutung. In: Zeitschrift f. Geomorph., Bd. I, 1925/26, S. 3—28. Leipzig 1926.

6) Schmitthenner, Heinrich: Die Entstehung der Stufenlandschaft. In: Geographische Zeitschrift. Sechsundzwanzigster Jahrgang, S. 207—229. Leipzig 1920.

„In unserem Klima entstehen" nach H. Schnitthenner „die Dellen durch die gemeinsame Arbeit des abrinnenden Wassers und der Bodenbewegung, des Kriechens, des Abwärtsrückens und der Ausspülung des Schuttes. Die Wirkung des abrinnenden Wassers allein erklärt die Bildung der Dellen nicht."

Die Gleichsinnigkeit der Dellen wird durch Gelegenheitsbäche und abrinnendes Wasser geschaffen. „Das rinnende, zu Gelegenheitsbächen gesammelte Wasser ist aber zur Entstehung, zur Vertiefung und zur Erhaltung der Dellen unbedingt nötig. ... Durch Abspülung werden die Dellen erniedrigt und durch Gelegenheitsbäche leicht erodiert. Dadurch wird der Schutt und Boden gegen die Achse der Dellen in steter, aber unendlich langsamer Bewegung erhalten."

Die Dellen entstehen im Verlauf von Denudationsprozessen. „Sie sind Ergebnis, aber zugleich auch Organe der Abtragung selber. Die Arbeit der Dellen ist flächenhaft."

Bei den Dellen kombiniert sich die hohlformenschaffende Wirkung des zeitweilig abrinnenden und abspülenden Wassers mit einer Reihe von anderen Vorgängen, die periodische oder episodische Volumenänderungen im Boden veranlassen und daher in ihrer Gesamtheit ein allmähliches Abwärtsrücken oder Kriechen des Lockerbodens zur Folge haben, das sich aus unzähligen kleinen und kleinsten Ruckbewegungen zusammensetzt, deren Summe zusammen mit der Wirkung des Wassers das dellenbildende Bodenabwandern ausmacht, das einerseits von den flachen Dellenflanken nach den Tiefenlinien der Dellen hingerichtet ist und andererseits auch diesen folgend dellenabwärts geht, das letztere freilich nur in sehr schwachem Maß. Es handelt sich dabei um ein langsames, flächenhaftes Abwandern, das eine flächenhafte Abtragung darstellt, bei der die auslösende Kleinschluchtbildung fehlt, die für owragi und Tobel charakteristisch ist.

W. Penck[2]) bezeichnet die kleinen Volumenschwankungen der Materie, die das Abwandern der Massen fördern, als „Feinbewegungen" und charakterisiert sie folgendermaßen: „Dehnen sich auf geneigter Unterlage aufruhende Körper aus, so geschieht dies vornehmlich nach abwärts, ziehen sie sich wieder zusammen, so erfolgt das Schrumpfen ebenfalls vorwiegend abwärts. Im ganzen resultiert eine Verschiebung im Sinne des Gefälles." Die Ursachen solcher Feinbewegungen bilden z. B. Änderungen der Bodentemperatur, des Feuchtigkeitsgehalts des Bodens sowie des Wechsels von Auftauen und Wiedergefrieren.

Bei diesen bodenverschiebenden Kleinvorgängen handelt es sich um sich oft wiederholende Volumenschwankungen des Lockerbodens, die nicht gleichmäßig nach allen Seiten hin gerichtet sind, sondern unter dem Einfluß der Schwerkraft in der Richtung des größten Geländegefälles einen maximalen Betrag erreichen und daher in ihrer Gesamtheit eine Bodenbewegung in dieser Richtung bilden. Bei den Volumenverringerungen, z. B. durch Abkühlung oder Austrocknung, entstehen kleine und kleinste Hohlräume, die vor allem in der Richtung des größten Gefälles, in der sich das schrumpfende Material vorwiegend zurückzieht, also einseitig wachsen. Bei Wiedervermehrung

des Volumens schließen sich die Hohlräume wieder, z. B. durch Erwärmung oder Durchfeuchtung, und das seitliche Massenzuwandern vollzieht sich ebenfalls vorwiegend in der Richtung des größten Geländegefälles. So entstehen minimale Massenbewegungen, durch deren dauernde Wiederholung und Summierung erst ein morphologisch ins Gewicht fallender Abtragungsbetrag zustande kommt.

Außer durch Temperaturschwankungen, durch Feuchtigkeitsänderungen und durch den Wechsel von Gefrieren und Auftauen können solche Feinbewegungen des Lockerbodens noch durch andere Vorgänge zustande kommen, bei denen sich in häufig wiederholtem Wechsel kleine Hohlräume bilden und wieder schließen, z. B. durch den Wechsel von Gefrieren und Wiederauftauen des Bodenwassers, das sich und damit den Boden beim Gefrieren ausdehnt, während beim Wiederauftauen die Ausdehnung wieder schwindet, durch furchenbildende Regenrinnsale, deren Rinnen sich bei Regen bilden und nachher wieder verfallen, durch Ackerfurchen, die immer wieder neu gezogen werden und immer wieder vergehen, durch Wege, die bei ihrer Benützung immer wieder tiefer ausgefurcht und dann von den Seiten her wieder zugeschüttet werden, durch Vieh- (und Menschen-) tritte, durch die das Bodenmaterial zur Seite getreten wird, während es beim Verfallen der Fußspur teilweise wieder zurückkehrt, durch Pflanzenwurzeln, die beim Wachstum das Erdreich auseinanderschieben, das beim Vermodern der Wurzeln wieder zusammenrückt, durch Wühltiere, die kleine Gänge graben, die dann wieder verstürzen, usw. usw.

Bei allen diesen Kleinvorgängen handelt es sich nicht nur um eine bloße Hin- und Her-Verschiebung des Materials, sondern in jedem Einzelfall übertrifft infolge der Wirkung der Schwerkraft die in der Richtung des größten Geländegefälles verlaufende Bewegung die entsprechende entgegengesetzt gerichtete, so daß im Gesamteffekt der Boden in der Richtung des größten Gefälles verschoben wird.

Ein stärkeres Ausmaß nimmt das Bodenabrücken an, wo es durch Bodendurchtränkung infolge der dadurch bedingten Gewichtszunahme der Massen zu Gleit-, Rutsch- und Fließbewegungen kommt. Vor allem aber wird die Wirkung des Bodenabrückens vergrößert und verstärkt durch die Flächenspülung des gelegentlich oberflächlich abfließenden Wassers, das sich stellenweise zu rinnen- und furchenbildenden Gelegenheitsbächen verdichtet. Dadurch wird die Gleichsinnigkeit des Gefälles hergestellt. Im Längsschnitt entsprechen also die Dellen den andern unter entscheidender Mitbeteiligung des oberflächlich abfließenden Wassers entwickelten Hohlformen, unterscheiden sich aber im Querschnitt sehr wesentlich von ihnen. Charakteristisch ist für den Talquerschnitt der flußbedingte Gegensatz von Sohle und Seitengehängen, der bei den Dellen fehlt. Talboden und Talflanken sind normalerweise durch einen einspringenden Winkel voneinander getrennt, der irgendwie durch die Seitenerosion des talbildenden Flusses entstanden ist, der in den Dellen samt seinen Wirkungen fehlt. Es fehlt in dem einfachen Dellenquerschnitt auch die für Tobel und owrag charakteristische Schluchtbildung, zu der es in den Dellen nicht kommt, da hier der Abfluß zu langsam und zu spärlich ist, so daß er sogar gegenüber langsamsten Abtragungsvorgängen ganz zurücktritt, die beim owrag von kräftigeren, schneller

wirkenden Vorgängen überwältigt werden, durch die der sich immer wieder rasch erneuernde kerbförmige owrag-Querschnitt entsteht. Owrag-Kerbe und Dellenmulde stellen extreme Gegensätze dar.

Fig. 3.



Typische Querschnitte von Delle (1), Tobel nach Otto Lehmann (2), owrag (3) und Lößschlucht (4)

Wie die einspringende Kante am Gehängefuß der Täler, so fehlt bei den Dellen auch die ausspringende Kante am oberen Gehängerang, die bei der owrag-Bildung regelmäßig in großer Schärfe und bei den Tobeln manchmal in abgeschwächter Form auftritt. In durchlaufenden Rundungen gehen die Dellen und die Wellen, die sie voneinander trennen, ineinander über. Diese durch keine Kanten unterbrochene Dellen-Wellen-Form bildet durch monotone Aneinandereihung ihrer Wiederholungen die sanftwellige Oberfläche von in Abtragung begriffenen Hochflächen, wo sie nicht von Tälern oder andern Hohlformen zerschnitten werden.

Ebenso wie den owragi fehlt den Dellen auch der durch Flüsse bedingte und daher für Flußtäler charakteristische alternierende Wechsel von Prall- und Gleithängen. Dementsprechend fehlt auch die Mäanderbildung im Grundriß der Dellen wie bei den owragi und die geradlinigen, durch Knickungen unterbrochenen Laufstrecken überwiegen. Insbesondere aber unterscheidet Dellen und Täler der Umstand, daß die Dellendichte und der Entwicklungsgrad der Dellensysteme in weichen Gesteinen größer ist als in harten. Im weichen Gestein können sich die Teilvorgänge, als deren Summe sich das Kriechen oder Bodenabwandern ergibt, besser entwickeln als im harten. Die Gesamtwirkung des Gekriechs besteht also in flächenhafter Abtragung im Niveau weicher, d. h. ziemlich dichter Schichten. Dieser Vorgang führt bei geeigneter flachgeneigter Lagerung der Schichten durch selektive Denudation zur Herauspräparierung der harten Schichten, in denen die Dellenbildung teils aufhört, teils durch Querschnittverengung in Schluchtbildung übergeht, und damit nach H. Schmitthenner[6]) zur Herausbildung der Schichtstufenlandschaft führt, die uns hier nicht beschäftigt.

Ähnlich wie die owragi- und Tobelbildung setzt auch die Dellenentwicklung Flüsse und Täler voraus, durch die das in den Dellen abwandernde Material abtransportiert wird. Sonst müßte es sich stauen und der Vorgang der Dellenbildung würde aufhören, der somit ähnlich wie die owragi-Entwicklung von den Flüssen aus in Gang erhalten wird, aber infolge seiner Abhängigkeit vom Niveau des weichen Gesteins nicht ohne weiteres auf das Niveau der Flüsse als Denudationsbasis bezogen ist, weshalb Dellen bei Divergenz der Niveaus von Fluß und weichem Gestein bei ihrem Ausgang ins Tal Stufenmündungen bilden.

Die Dellenbildung benötigt also ebenso wie die owragi-Bildung ein gewisses Gefälle zu den benachbarten Flüssen hin, wenn auch ein viel geringeres, denn die raschere owragi-Entwicklung setzt ein stärkeres Gefälle voraus.

Bewuchs, vor allem Wald, hemmt die Dellenbildung.

Wo das abfließende Wasser energischer arbeitet, kommt es zur Entwicklung einer Schlucht und damit, je nach den übrigen Umständen, zur Tobel- oder owrag-Bildung. Auch in Talbildung kann die Dellenentwicklung übergehen, wenn die in den Dellen wirksame Flächenabtragung den Grundwasserspiegel erreicht und dadurch dauernd fließende Quellen erschlossen werden, deren Abflußwasser den Talbildungsprozeß einleitet. Im entsprechenden Fall kann auch die owrag-Bildung in Talbildung übergehen.

Wo weite Platten oder Hochländer mit dellenwelliger Oberflächengestaltung auftreten, kann aus diesem Relief darauf geschlossen werden, daß es sich hier um Abtragungsflächen handelt, die durch fortgesetzte Dellenbildung allmählich tiefer gelegt werden. Die Abtragung durch Dellen dringt ebenso wie die durch owragi vom Plattenrand her rückschreitend platteneinwärts vor.

In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, daß sich bei den gewellten, teilweise schluchtzerschnittenen südrussischen Platten die flächenhafte Dellenabtragung mit der mehr linear einschneidenden owragi-Bildung kombiniert, während die stärkeren Bewuchs und festeren Felsuntergrund voraussetzende Tobelbildung unterbleibt.

Unter sonst gleichen Umständen (z. B. Gefälle, Entwicklungsstadium etc.) ist das Tempo des Wachstums bei der Delle im Vergleich zum owrag verschwindend gering. Zwischen beiden steht nach der Entwicklungsgeschwindigkeit der Tobel. Danach ergibt sich hinsichtlich des Abtragungstempos die Reihe: Delle-Tobel-owrag. Die Abtragung wirkt in der Dellenlandschaft vergleichsweise am langsamsten, im owragi-Gebiet am schnellsten. Das sich aus langsamen, kleinen Fließ- und Ruckbewegungen zusammensetzende Bodenwandern spielt vor allem in den Dellen eine hohlformenbildende Rolle, in den owragi werden diese minimalen Bewegungen relativ bedeutungslos gegenüber den rapid verlaufenden Abtragungsvorgängen, die dargestellt worden sind. Dem Grad der Abtragungsgeschwindigkeit entspricht der Grad der Gefährlichkeit und Schädlichkeit der Hohlformenentwicklung.

Unter wirtschaftlichem Gesichtspunkt betrachtet erscheint die sich unmerklich langsam vollziehende Dellenbildung, die weiche Geländekonturen bedingt, völlig harmlos im Gegensatz zu der rasch und ruckweise in scharfen Formen fortschreitenden owragi-Entwicklung, die die Nährfläche zerstört, zerschneidet und bedroht. Die Äcker schmiegen sich den Dellen ein in schön geschwungenen Streifen. Dagegen brechen sie jäh ab an den scharfen Randkanten der owragi. Der Grad der Gefährdung der Nährfläche ist bei den Dellen unbeachtlich, bei den owragi sehr groß.

Die Natur selbst hat also in Süd-Rußland unmittelbar neben eine bodenzerstörende Abtragungsform eine sozusagen bodenschonende gestellt und damit die Frage nahegelegt, ob und durch welche technischen Maßnahmen etwa die eine in die andere übergeführt werden könnte durch künstliche Veränderung und Verlangsamung des Abtragungsvorgangs, der in dem einen Fall Bodenzerstörung bedeutet und in dem anderen nicht.

Ein markanter Gegensatz trennt Dellenlandschaft und owragi-Landschaft, die beide mit Kantenschärfe aneinandergrenzen. Auf der einen Seite der viel gezackten, spitzenreichen Randkante die flache, weite Dellenwellenlandschaft, die sich oben auf den Platten dehnt, wo der bis zur Unmerklichkeit verlangsamte Abtragungsprozeß zu ruhen scheint. Und unterhalb der Randkante, die geradezu als Denudationsgrenze erscheint, die völlig andersartige, an Steilformen reiche, öde owragi-Landschaft, in der sich der stürmisch verlaufende Abtragungsprozeß in dramatischen Episoden abspielt. Oben auf den Platten die Ausgeglichenheit der alten Landschaft, unterhalb der Denudationskante, die für den Prozeß der owragi-Bildung das obere Denudationsniveau bildet, die junge Landschaft mit ihren stark bewegten Formen und Vorgängen. In mannigfaltiger Weise durchdringen sich alte Dellen- und junge owragi-Landschaft, und während anderswo Berglandschaften aus Flachländern aufragen, scheint es hier umgekehrt zu sein, hier sind sozusagen Kleingebirgslandschaften in das dellenwellige Flachland eingetieft: das Bergland liegt unten, das Flachland oben. Dadurch bekommt die Plattenregion einen gewissermaßen zweigeschossigen Charakter, wobei sich die merkwürdige Feststellung ergibt, daß die Entwicklung nicht vom unteren zum oberen Stockwerk hin, sondern umgekehrt von oben nach unten fortschreitet.

Weithin dehnt sich in Süd-Rußland diese zweigeschossige Doppellandschaft, an die sich als drittes Landschaftselement die großen Flußtäler anschließen, die das unabsehbare Flachland in einzelne Platten zerlegen.

d) Korrasionstäler

Faktisch identisch mit den Dellen im Sinne H. Schmitthenners sind die Korrasionstäler W. Pencks[2]). Die Erklärung der gleichen Hohlformen ist aber in beiden Fällen eine teilweise andere. Während nach H. Schmitthenner wie nach W. Penck das Massenabwandern den Hauptinhalt des in Betracht kommenden Abtragungsvorgangs ausmacht, ist zur Entstehung und Weiterbildung einer solchen langgestreckten, bachbettlosen Hohlform mit gleichsinnigem Gefälle nach H. Schmitthenner noch die Tätigkeit des zeitweise oberflächlich abfließenden Wassers, nach W. Penck die aus furchende Einwirkung des Massenstroms auf seine Unterlage von entscheidender Bedeutung. Diese „mechanische Beanspruchung des Untergrundes durch die darüber bewegten Massen“, die auf einheitlich geneigter Unterlage mit dem Gewicht der Massen wächst, bezeichnet W. Penck als Korrasion. Er sagt darüber: „Dieses Herauslösen gelockerter Gesteinsstücke aus ihrem Bildungsort, den sie unter mächtiger Bedeckung spontan nicht verlassen können“, „das Abdrücken und Abstemmen von wenig oder noch nicht gelockerten Gesteinsteilen und ihre Fortnahme durch die

darüber bewegten Massen nennen wir Korrasion. Sie unterscheidet sich physikalisch von dem spontanen Abrücken der Gesteinsteilchen, das erst nach hinreichender Aufbereitung auf geneigter Unterlage eintritt, durch ihren erzwungenen, gewaltsamen Charakter".

Im ersten Fall handelt es sich um Denudation, im zweiten um Korrasion. W. Penck sagt darüber: „Denudation und Korrasion bewirken somit beide eine Erneuerung der Exposition, aber unter sonst gleichen Umständen verschieden rasch. Jene nämlich höchstens so rasch, als die Bereitstellung entsprechend beweglicher Massen durch Gesteinsaufbereitung erfolgen kann, diese dagegen rascher. Hieraus folgt, daß die Abtragung unter korradierenden Massen lebhafter, intensiver ist als unter nicht korradierenden. Vereinigen sich jene zu Strömen, so treten die behandelten Wirkungen der Gewichtserhöhung in Kraft, die in einer Steigerung der mechanischen Beanspruchung des Untergrundes, nämlich in einer Intensivierung der Korrasion bestehen. Vermehrte Abtragung unter korradierenden Massenströmen muß aber deren Unterlage zu gestreckter Hohlform, zur Furche eintiefen. Für Täler solcher Entstehung möchte ich die Bezeichnung Korrasionstäler vorschlagen."

Bei H. Schmitthenner handelt es sich um einen an der Oberfläche des der Dellenbildung zugrunde liegenden Massenstroms wirkenden Teilvorgang der Abtragung, der diese linear konzentriert, beschleunigt und verstärkt, bei W. Penck dagegen um einen Begleitvorgang des korrasionstalbildenden Gravitationsstroms, der sich an seiner Unterseite abspielt, und in beiden Fällen, hier wie dort, wird das Massenabrücken durch den Begleitvorgang auf bestimmte Linien konzentriert, längs deren sich flache, langgestreckte, bach- und flußbettlose Mulden mit gleichsinnigem Gefälle entwickeln, nämlich Dellen bzw. Korrasionstäler. Die beschleunigende und richtunggebende Wirkung des Begleitvorgangs ist bei Dellen und Korrasionstälern ausschlaggebend. In beiden Fällen spielt dabei die in der Richtung des Gefälles zunehmende Konzentration der Feuchtigkeit entlang der Tiefenlinie eine Rolle. Sie erhöht die Beweglichkeit der Massen durch Verminderung der Reibung und in diesem Fall auch durch Erhöhung des Gewichts und fördert die Tiefenverwitterung, die die Korrasion begünstigt, sowie auch das oberflächliche Abgleiten, Abfließen und Abgespültwerden von Bodenmaterial. Die Felssohle wird damit tiefer gelegt und die Furche nach rückwärts verlängert.

W. Pencks Hinweise auf einen Vorgang, der sich der direkten Beobachtung entzieht, und dessen Bedeutung gegenüber den dargestellten Faktoren der Dellenbildung offenbar zurücktritt, können trotzdem als ein ergänzender Beitrag zur Dellentheorie gewertet werden. Da sich Maß und Grad der Beteiligung der unterirdischen Korrasion an der Dellenbildung, die auf einem mannigfaltigen Komplex verschiedenartiger Vorgänge beruht, auch nicht annäherungsweise feststellen läßt, so bezeichnen wir alle in diesem Zusammenhang in Betracht kommenden Hohlformen als Dellen und nicht als Korrasionstäler, außer wo W. Penck angeführt wird. Übrigens wäre die Anwendung des Fachausdrucks „Korrasionstal" in diesem Zusammenhang unvereinbar

mit dem hier gebrauchten Talbegriff, demzufolge es ausschließlich Erosionstäler, nicht aber Korrasionstäler geben kann. Dabei wird hier als Erosion — im Gegensatz zu Walther Penck — lediglich die Abtragung durch das dauernd fließende Wasser der Bäche, Flüsse und Ströme bezeichnet, während nach W. Penck „unter Erosion die mechanische Beanspruchung der Gesteinsoberfläche innerhalb der Bahnen bewegter Medien, durch solche bewirkt, verstanden wird und mit Korrasion die analogen Vorgänge bezeichnet werden, die sich unter spontan, nicht unter dem Einfluß eines bewegten Mediums abwandernden Massen abspielen."

In diesem Zusammenhang wird der Vorgang der Selbstverstärkung deutlich, der sich innerhalb bestimmter Grenzen bei der Dellenentwicklung abspielt, hier aber ganz anders verläuft als bei der Owragbildung. Dieser Vorgang der Selbstverstärkung besteht zunächst darin, daß mit dem Flächenwachstum der Delle bzw. des Dellensystems nach Breite, Länge und Zahl der Verzweigungen auch das Einzugsgebiet des in der Delle oberflächlich abspülenden, abrinnenden oder massendurchtränkenden Wassers sowie des abwärts ziehenden Stroms von Gesteinsderivaten wächst. Damit wächst dementsprechend die gelegentlich oberflächlich abfließende oder bodendurchfeuchtende Wassermenge sowie die Mächtigkeit des abrückenden Lockermaterials an jedem beliebigen Punkt der Dellentiefenlinie und in geringerem Maß auch abseits derselben auf den Dellenflanken nach Maßgabe der Vergrößerung der Dellenfläche oberhalb des Punktes entlang der betreffenden Bodenstromlinie, auf der dieser Punkt liegt. Die Wirkung des Dellenflächenwachstums kommt entlang der regelmäßig fallenden Dellentiefenlinie, die unterhalb der vergrößerten Dellenabschnitte verläuft und von diesen beeinflußt wird, besonders zur Geltung, da sich die Bodenstromlinien, für die die von ihnen überschrittene Fläche gleichzeitig Nähr- und Durchgangsgebiet ist, entlang der Tiefenlinie konzentrieren. Dementsprechend vereinigen sich hier auch die Wirkungen einer Vergrößerung des oberhalb gelegenen Einzugsgebiets, die in einer Vergrößerung der Massenzufuhr bestehen. Durch die Vermehrung der festen und flüssigen Bestandteile nimmt die Mächtigkeit des Lockerbodens auf einer beliebigen Stelle in der Delle zu, wenn diese wächst, ebenso der Grad der inneren Durchfeuchtung und der oberflächlichen Abspülung. Damit nimmt Gewicht und Beweglichkeit des in der Delle abwandernden Materials zu, dessen Labilität sich erhöht bei Verkleinerung der Reibung und Vergrößerung des Gewichts. Dazu kommt die Verstärkung der oberflächlichen Abspülung und Ausfurchung durch Vermehrung des spülenden und rinnenden Wassers, dessen Menge sich ebenfalls mit der Vergrößerung des Einzugsgebiets mehrt, sowie der Korrasion im Untergrund, welch letztere mit der Masse und der Geschwindigkeit des bewegten Materials wächst. Somit wächst das Maß der Abtragung in der Delle infolge des Dellenwachstums, das selbst wieder durch Beschleunigung der Abtragung an Tempo zunimmt. Denn die Erneuerung der Exposition des Gesteins, durch die dieses für die Verwitterung erst erreichbar wird, ist die Voraussetzung der Tiefenverwitterung, die ihrerseits wieder eine wesentliche Vorbedingung der Abtragung bildet, da sie erst das Gestein beweglich und damit abtragungsfähig macht.

Andererseits aber ist die Erneuerung der Exposition auch die Wirkung der Abtragung, da diese erst das Gestein entblößt und damit der Verwitterung aussetzt. Die

Abtragung ist hier also Ursache und Wirkung der Exposition und damit ihrer selbst. Die Kombination von beiden an den relativ hochliegenden, runden Dellenrändern schiebt diese zurück und erweitert damit die Delle. So wächst die Dellenfläche, d. h. das Einzugsgebiet der Delle, mit diesem das Tempo der Abtragung in der Delle, damit die Schnelligkeit der Erneuerung der Exposition und durch sie auch der Abtragung an den Dellenrändern, deren Zurückweichen und damit das Flächenwachstum der Delle dadurch beschleunigt werden, und diese Beschleunigung steigert wieder die Intensität der Dellenabtragung und diese wieder das Tempo des Flächenwachstums der Delle usw., und dieser Vorgang der Selbstverstärkung dauert an, bis das Dellenwachstum durch entgegenwachsende Nachbardellen gehemmt wird, woraufhin die dann andersartige Fortsetzung des Vorgangs zur Erniedrigung der Zwischendellenwellen führt, die zusammen mit der Dellenabtragung die flächenhafte Tieferlegung von dellenwelligen Platten und Flachländern ausmacht.

W. Penck beschränkt seine einschlägigen Andeutungen einseitig auf die Korrasionswirkung; er betont, „daß die Schuttströme selbst ihre Betten ausgefurcht und zu Tälern vertieft haben oder doch jedenfalls in hohem Maße daran beteiligt sind. Jede Stelle, an der größere Gewichte über den Felsuntergrund hinweggehen, unterliegt stärkerer mechanischer Beanspruchung als die Umgebung.“

„Eine Bevorzugung gewisser Linien ist schon gegeben, wenn sich die Bewegungsbahnen benachbarter Gesteinsteilchen vereinigen, wozu in jeder Abdachung vielfältiger Anlaß geboten ist. Wandern hier infolgedessen dauernd größere Gewichte ab als in der Nachbarschaft, so müssen an der Sohle solcher vereinigten Bewegungsbahnen die... unter allen bewegten Massen wirksamen Vorgänge der Gesteinsbeanspruchung ebenfalls verstärkt sein, und die Unterlage wird hier daher vertieft. Der Bewegungsstrang wird zur Furche, die alle diejenigen Gesteinsteilchen auf sich zieht, die im Bereich der Furche aus dem Gesteinsverband gelöst werden. Das bedeutet eine Vergrößerung der in jener kleinsten Furche abwandernden Gewichte, eine weitere Begünstigung gegenüber der Umgebung, die zu weiterer Vertiefung der Furche führt“, was „wieder eine Vermehrung der in der Furche abwandernden Massen und ihre weitere Vertiefung veranlaßt. Die Einzelwirkungen summieren sich nicht nur, sondern sie verstärken sich, weil die Ursachen wachsen. Daher entwickelt sich notwendig ein Massenstrom, wo einmal durch Vereinigung von Bewegungsbahnen benachbarter Einzelteilchen ein bevorzugter Bewegungsstrang entstanden war. Und an den Massenstrom knüpft sich ebenso notwendig die Ausgestaltung eines bachbettlosen Tales.“

„Das Abwandern erfolgt flächenhaft an den Hängen, linienhaft in den Furchen. Hier hat der Schutt die Form mächtiger Ströme, zu denen sich einzelne ausgezeichnete Bewegungsstränge asymptotisch vereinigen... Das Gefälle der schuttstromerfüllten Furchen ist stets kleiner als das der einfassenden Gehänge. Sehr ausgeprägt erscheint dort die Bewegung, und zwar offensichtlich deshalb, weil die Schuttströme sehr viel größere Masse besitzen als der von den Bergflanken abwandernde Schuttbelag. Sie sind Sammeladern des Schuttes, Bewegungsstränge ständiger Gewichtszunahme.“

„Talab wächst stets die Konzentrierung der Massen und des Wassers auf die Bewegungsbahn; es wachsen die Ströme und verschärft sich daher der Gegensatz zwischen Korrasions- bzw. Erosionslinie und tributärer Denudationsfläche.“

An anderer Stelle[4]) ergänzt W. Penck diese Betrachtungen wie folgt: „Konzentrierung des Gewichtes zieht notwendig Verstärkung der mechanischen Beanspruchung des Untergrundes nach sich. Dieser wird vertieft, wo die Wege abwandernder Massenteilchen sich vereinigen. Es entsteht eine Furche, die zum bevorzugten Bewegungsstrang dadurch wird, daß sie andere Massenteilchen auf sich hinlenkt. ... Durch Summation der Einzelwirkungen entsteht die wasser- und bachbettlose Korrasionstalung, an deren Flanke flächenhaftes, in deren Sohle auf geringerem Gefälle linienhaftes Abwandern angereicherter Massen stattfindet. Das sind die Massenströme, die sich in unserem Klima unter anderem sehr häufig durch Versumpfung bei durchaus nicht geringer Bodenneigung verraten: die angereicherten Massen wirken wie ein Schwamm.“

Die vorstehend angeführte Darstellung der Bildung von Korrasionstälern bezieht sich ausschließlich auf die dabei zur Geltung kommende Wirkung der Korrasion und muß daher noch durch eine entsprechende allgemeinere Betrachtung, die von breiterer Grundlage ausgeht, ergänzt werden, damit der ganze Komplex der Kräfte, Vorgänge und Formen der Dellenbildung noch deutlicher wird.

Wie in einer wachsenden Delle an einem beliebigen etwa an der Tiefenlinie gelegenen Punkt die Masse und Mächtigkeit des aus Wasser und Gesteinsderivaten bestehenden Gravitationsstroms zunimmt, wenn sich das Einzugsgebiet des betreffenden Punktes vergrößert, so nimmt in allen Dellen Masse und Mächtigkeit des flüssigen und festen Massenstromes zu entlang den Tiefenlinien, längs deren sich die Bodenbewegungen konzentrieren, in der Richtung des abnehmenden Dellengefälles. Was für das zeitliche Nacheinander der Etappen des sich selbst verstärkenden Vorgangs der Abtragung an beliebigen Punkten der Dellentiefenlinie bei flächenhaftem Dellenwachstum gilt, das gilt analog auch für das räumliche Nebeneinander der Abschnitte des Abtragungsstroms, die sich in seiner Bewegungsrichtung entlang der Dellentiefenlinie aneinanderreihen, denn in dieser Richtung wächst das Delleneinzugsgebiet von Ort zu Ort ebenso, wie es an einem Punkt bei Dellenwachstum zeitlich wächst. Und mit der von Punkt zu Punkt längs der Tiefenlinie in der Richtung des sich verringernden Gefälles fortschreitenden Vergrößerung des Einzugsgebiets wächst Masse und Mächtigkeit des abströmenden Lockerbodens sowie der Grad seiner Durchfeuchtung und Aufbereitung und die Menge des zeitweise oberflächlich abfließenden, spülenden und rinnenden Wassers, und damit wächst die sich mit abnehmender Reibung und zunehmender Masse und Durchfeuchtung steigernde Massenbeweglichkeit, die außerdem noch durch die unterwegs fortschreitende Massenaufbereitung bzw. Verkleinerung der Korngröße durch Reibung erhöht wird. Sowohl die Masse wie der Grad ihrer Durchfeuchtung und Aufbereitung und damit ihrer Beweglichkeit nimmt mit der Länge des zurückgelegten Weges zu, wächst also dellenabwärts mit abnehmender Reibung. Dementsprechend müßte das Tempo des Massenabwanderns wie auch der Abspülung und Furchung

sowie der unterirdischen Korrasion dellenabwärts rasch zunehmen, wenn nicht die allmähliche, sich verringernde Gefällsabnahme in dieser Richtung, die normalerweise entlang der Tiefenlinie dellenabwärts statthat, dieser starken Zunahme der Abtragung entgegenstehen und ihre Wirkung teilweise aufheben würde. Der Massen-, Feuchtigkeits- und Aufbereitungszunahme steht eine Gefällsabnahme gegenüber. Jene bedingen eine Minderung der Reibung und Erhöhung der Beweglichkeit, diese verstärkt die Reibung und verringert die Beweglichkeit. Zunahme an Masse und Durchfeuchtung bedingen eine Zunahme an Gewicht und eine Abnahme an Reibung und damit eine Steigerung der Beweglichkeit des abrückenden Bodenmaterials in der Richtung des Dellengefälles. Dagegen bewirkt die Abnahme des Gefälles das Gegenteil, nämlich eine Zunahme der Reibung und eine Abnahme der Beweglichkeit. Beide Progressionen stehen in Wechselwirkung. Aus dieser gegenseitigen Abhängigkeit resultiert das Gleichgewicht zwischen den Teilen der Dellen, ihr flachmuldenförmiger Querschnitt und der parabolische Längsschnitt. Das Gefälle der Flanken, an denen der von oben nach unten an Mächtigkeit zunehmende Schuttbelag und seine Durchfeuchtung und Aufbereitung viel geringer ist als in dem der Tiefenlinie entlangziehenden Bodenstromstreifen, in dem sich in einem in der Richtung des abnehmenden Gefälles zunehmenden Grad der von den Flanken abrückende Schutt ebenso sammelt wie das an den Flanken abrinnende Wasser, ist etwa um soviel größer als das Gefälle der Tiefenlinie, als dort an den Flankenflächen die Schuttdecke und ihre Durchfeuchtung und Aufbereitung geringer ist als an der Tiefenlinie, und wie da und dort, an Flanken- und Tiefenlinie, Masse, Feuchtigkeit und Aufbereitung von oben nach unten zunimmt, so nimmt dementsprechend da und dort von oben nach unten das Gefälle ab, so daß Gleichgewicht herrscht zwischen den stärker geböschten, schuttärmeren, trockneren und den weniger geneigten, schuttreicheren, feuchteren Flächenabschnitten der Delle.

Die Massenbeweglichkeit steht bei den in Betracht kommenden Bodenverhältnissen etwa in direktem Verhältnis zu Masse, Durchfeuchtung (Aufbereitung) und Gefälle und im umgekehrten zur Reibung, die wieder von Masse, Feuchtigkeit und Gefälle abhängt. Daher kann man hier einfach sagen: die Beweglichkeit wächst mit Masse, Durchtränkung und Gefälle. Soll nun Gleichgewicht im Gesamtbereich der Delle oder des Dellensystems herrschen, so muß in der Richtung, in der die beiden ersten Faktoren des Produkts, von dem die Massenbeweglichkeit abhängt, nämlich Masse und Durchfeuchtung, größer werden, der dritte Faktor, das Gefälle, entsprechend kleiner werden, damit das Produkt gleichbleibt. Nach Herstellung des Gleichgewichts der Kräfte aber strebt die Dellenentwicklung ebenso wie jeder andere Abtragungsvorgang. Das Gleichgewicht findet hier seinen sichtbaren Ausdruck in der normalen Dellenform, die durch die mit Parabelgestalt der Tiefenlinie verbundene, langgestreckte Flachmuldenform repräsentiert ist.

Mit anderen Worten: In derselben Richtung, in der sich infolge abnehmenden Bodenbelags und immer spärlicherer Durchfeuchtung eine stets steiler werdende Böschung behaupten kann, bleibt sie erhalten, und wo sie es infolge wachsender Massenmächtigkeit und zunehmender Durchfeuchtung nicht kann, wird sie immer mehr beseitigt.

Mit Mächtigkeit, Durchfeuchtung und Geschwindigkeit der bewegten Massen nimmt in der Richtung des Gefälles auch ihre Einwirkung auf den überwanderten Untergrund, d. h. die Korrasion, zu. Denn sie ist außer von der Geschwindigkeit noch von dem Druck, den die abrückenden Massen auf ihre Unterlage ausüben, unmittelbar abhängig und mittelbar von der Durchfeuchtung, deren Zunahme einerseits Schwere und Geschwindigkeit der bewegten Massen und andererseits das Tempo der Tiefenverwitterung fördert, die die Korrasion vorbereitet. Daneben ist die Korrasion noch indirekt von den Größen abhängig, die die Bewegungsgeschwindigkeit bedingen, die mit abnehmender Reibung und zunehmendem Gefälle wächst, wobei die Reibung hier im umgekehrten Verhältnis zu Durchfeuchtung und Gefälle steht.

Analoges gilt von dem oberflächlichen Abfluß in der Delle, dessen Wirkung mit Masse und Geschwindigkeit des zeitweilig abfließenden Wassers in der Richtung des Gefälles wächst, und zwar hangabwärts an den Flanken, und entlang der Tiefenlinie, wo sich das von den beiderseitigen Flanken herabkommende Wasser sammelt. Es konzentriert sich in einem dellenabwärts zunehmenden Grad an der Tiefenlinie, und damit hängt zusammen, daß längs derselben streckenweise Wegeerosionsfurchen und ähnliche Rinnen, die vielfach Hohlwege bilden, auftreten. Ferner hängt damit das Vorkommen feuchter Stellen und Streifen im Grund der Dellen zusammen, die teilweise von den Äckern gemieden und ausgespart bleiben und an dem Gras- und Krautbewuchs zu erkennen sind. In solchen Streifen hygrophiler Vegetation, die sich manchmal als scheinbare Talsohlen weithin in dellenabwärts gelegenen Muldenabschnitten hinziehen, kommt die dellenabwärts zunehmende Konzentration des Bodenwassers und Durchtränkung der Massen im Grund der Mulde zum Ausdruck. Die Geschwindigkeit des oberflächlichen Abflusses bedingt neben der Wassermenge die Wirksamkeit des zeitweilig oberflächlich abfliessenden Wassers, wobei die Fließgeschwindigkeit zum Gefälle in direkter und zur Reibung in umgekehrter Beziehung steht, und die Reibung hängt wieder umgekehrt mit der Masse zusammen.

Die unterirdische Abtragung hängt also ab von Masse (Mächtigkeit, Schwere, Druck), Durchfeuchtung (Reibung), Gefälle und Geschwindigkeit des Massenstroms, die oberirdische von Masse (Reibung), Gefälle und Geschwindigkeit des zeitweilig oberflächlich abspülenden und abrinnenden Wassers.

Bei Weglassung der abhängigen Größen bleiben im ersten Fall: Masse, Durchfeuchtung und Gefälle, im zweiten: Masse und Gefälle. In beiden Fällen wächst die Masse des Gravitationsstroms in derselben Richtung, in der das Gefälle abnimmt, und das ist kein Zufall, denn da der beiderseitige Abtragungsprozeß Gleichgewicht anstrebt, muß in der Richtung, in der die Masse zunimmt, das Gefälle abnehmen; da größere Böschungen sich nur gegenüber kleineren Massenwirkungen halten können und größeren zum Opfer fallen, so werden die Böschungen in der Richtung immer kleiner, in der die abtragenden Massen immer größer werden, und umgekehrt. Die dargestellten Wirkungen vereinigen sich in harmonischer Weise bei der Ausgestaltung der Dellennormalform mit ihrem muldenförmigen Querschnitt und der Parabelgestalt im Längsschnitt. In dieser Form gewinnt das An- und Abschwellen

der dellenbildenden Kräfte sichtbare Gestalt, und dadurch wird die Erklärung der Dellen als ehemalige Flußtäler illusorisch, denn von zwei in einem Fall an sich möglichen Erklärungen verdient diejenige den Vorzug, die der Natur die geringere Leistung zumutet. Daher ist, solange nicht in bestimmten Fällen bestimmte Kriterien auf Talbildung hinweisen, daran festzuhalten, daß die dellenbildenden Kräfte, die die Form der Dellen bedingen, auch deren Anlage veranlaßt haben ohne Mitwirkung von talbildenden Bächen oder Flüssen.

Die dellenabwärts zunehmende Konzentration der Feuchtigkeit, der Massen und des Oberflächenwassers entlang der Tiefenlinie bedingt eine sprunghafte Zunahme von Bodenbelag, Bodendurchtränkung, Aufbereitung und zeitweiliger Bewässerung beim Übergang von den Gehängen nach der Tiefenlinienzone, in der der Grad der Bündelung der Bodenstromlinien und der Fäden des abrinnenden Wassers ein wesentlich größerer ist als an den Hängen. Dieser Gegensatz von Masse, Durchfeuchtung, rinnendem Wasser sowie oberflächlicher und unterirdischer Abtragung an den Hängen und in der Tiefenzone drückt sich bei stärkerem Dellengefälle manchmal in einer Kleinststufenbildung an den Rändern der Tiefenzone aus, durch die diese als schneller und in anderer Richtung bewegter Bodenstreifen sich von den Dellengehängen absetzt, an denen die Massenbewegung geringer ist.

Diese Tatsache veranlaßte offenbar Walther Penck, der dabei nur die Korrasionswirkung in Betracht zieht, „zwei durch Zwischenstufen verbundene Arten“ von Korrasionstälern zu unterscheiden:

„1. breite, seichte Talungen von muldenförmigem Querschnitt mit Böden, die mählich in die sanften Seitenhänge übergehen und geringes Gefälle besitzen;

2. schmälere Furchen von steilerem Gefälle und deutlicher abgesetztem Boden. Diesen nimmt in allen Fällen der erkennbare Massenstrom ein.“

Fortsetzung folgt.

KRIEGSWICHTIGE AUFGABEN DER GEOGRAPHISCHEN FORSCHUNG IM GENERALGOUVERNEMENT

VON DR. ERNST R. FUGMANN
Stellvertretender Leiter der Sektion Landeskunde am Institut für Deutsche Ostarbeit Krakau

Im Zuge der Neuausrichtung aller Sektionsarbeiten des Instituts für Deutsche Ostarbeit auf vordringlichere kriegswichtige Forschungen kam für die Sektion Landeskunde weniger eine Umstellung als eine Beschränkung auf spezielle Teilgebiete ihrer Forschungsrichtungen in Betracht. An die Stelle einer sehr weit gespannten Betreuung, Ergänzung und Vertiefung der geographisch-landeskundlichen Forschungen im Generalgouvernement und seinen ostdeutschen und russischen Nachbargebieten tritt nunmehr zuvorderst die Erstellung wissenschaftlich fundierten, einwandfreien landeskundlichen Materials über diese Ostgebiete *für die militärische und politische Führung.* Die Forschungen der Sektion Landeskunde in Krakau und Lemberg umfassen heute folgende Arbeitsgebiete:

1. Monographische Landeskunde
2. Wirtschaftliche Landeskunde
3. Raumforschung
4. Landschaftsgliederung
5. Geographische Wehrkunde (Wehrgeographie)

Folgende Gesichtspunkte sind hierbei maßgeblich:

Zu 1. Die Gesamtschau (*landeskundliche Monographie*) über größere Teilgebiete des Ostens vermittelt der *Militär- und Zivilverwaltung* schnell den Einblick in Gefüge und Wesenheit eines gerade zur Diskussion stehenden Gebietes aus *deutscher* Quelle. In diesen Rahmen gehört auch ein in Angriff genommenes Kartenwerk „Das Generalgouvernement" (NfD), dessen angewandte Karten auf neuestem (unveröff.) statistischem Material aus der deutschen Verwaltungszeit fußen und damit erhebliche grundlegende Veränderungen der Landes-, Wirtschafts- und Verkehrsverhältnisse seit 1938/39 berücksichtigen. Nicht alle Lebensäußerungen des Raumes „Generalgouvernement" soll diese Kartenfolge umfassen, sondern eine Auswahl von Darstellungen der für die nächste Zukunft *besonders belangvollen volks-, verwaltungs- und wirtschaftspolitischen Probleme* bieten und ein Hilfsmittel bei der Planung, Neuordnung und Ausrichtung des größeren Weichselraumes sein.

Zu 2. Die *wirtschaftsgeographischen Untersuchungen* liefern die grundlegenden Erkenntnisse und Tatbestände über die gegenwärtige wirtschaftsgeographische Struktur des Generalgouvernements als Ergänzung der volkswirtschaftlichen Betrachtungsweise, auch unter dem Gesichtswinkel der zweckmäßigsten Gegenwartsplanung. In diesen Sektor fällt vor allem die für die Kriegführung sehr belangvolle Festlegung der derzeitigen und noch erreichbaren Wirtschafts-

kraft des Generalgouvernements und seines östlichen Vorfeldes, die regionale (quantitative) Fixierung von Rohstoffvorkommen für die Kriegswirtschaft und andere dringliche Aufgaben. Die Ergründung des wechselseitigen Verhältnisses zwischen einem bewirtschafteten Gebiet bestimmter natürlicher Ausstattung und seinen Bewohnern ist notwendig zur Gewinnung harmonisch strukturierter Wirtschaftsbezirke (z. B. Auflockerung agrarer Erbteilungsgebiete, örtliche oder regionale Industrialisierung u. a.). Die (landwirtschaftlichen und industriellen) Einzugs- und Funktionsbereiche von Siedlungen (zentralen Orten) und Gebieten erhalten ihre organische Begrenzung zugewiesen (siehe auch unter 3).

Zu 3. Die Arbeiten zur *Raumforschung* liefern umfassendere, über die nur landeskundliche Problemfassung hinausreichende Untersuchungsergebnisse, Unterlagen und Aufschlüsse, welche die Führungsorgane in Verwaltung und Wehrmacht zeit- und zweckbedingt fordern können. Sie haben gleichzeitig gutachtlichen Charakter und dienen am ersten der praktischen Auswertung. Die Sektion Landeskunde ist mit der Wahrnehmung der wissenschaftlichen Raumforschung (Grundlagenforschung für militärische und zivile Raumordnung) durch Abkommen mit dem Staatssekretariat beauftragt. (Untersuchungen u. a.: Zur Verkehrsgeographie und -politik (Eisenbahnen, Land- und Wasserstraßen usw.), zur kommunalpolitischen Planung (zentrale Orte), zur Sicherung und Neuerschließung bedrohter Ackerbaugebiete, auch in Verbindung mit Landbauwissenschaft und Kriegschemie usw.).

Zu 4. Die natur- und kulturlandschaftliche Forschung wird z. Z. nur insoweit betrieben, als sie Hilfsforschung für die wirtschaftliche Landeskunde zu sein hat. *Die Landschaftsgliederung,* die Zerlegung der Großräume in geographische Teil-, Klein- und Kleinstgebiete, reicht über die rein wissenschaftliche Seite hinaus in die dringlichen praktischen Erfordernisse im Zuge des Gegenwartringens.

a) Sie dient unmittelbar Politik, Wehrmacht und Wirtschaft: Die Berücksichtigung der „geographischen Einheiten“ bei der Grenzziehung politischer, volklicher, militärischer und wirtschaftlicher Art verbürgt sinnvolle und (nach menschlichem Ermessen) dauerhafte Grenzen. Sie sind der Ausgangspunkt zur Festlegung der dem natürlichen Wachstum, dem Verwaltungsvermögen, der Kultur- und Wirtschaftskraft wie der politisch-militärischen Machtausübung gesetzten Grenzzonen.

b) Sie dient durch die Abgrenzung mittel- und osteuropäischer Landschaft mit einer Bewertung der Aufsiedlungsmöglichkeiten deutscher Menschen unmittelbar der Ostkolonisationspolitik des Reiches.

Zu 5. Die Grundlagen des heutigen Wehrwesens in ihren erdbestimmten, geopolitischen Zügen werden aus der wehrgeographischen Untersuchung gewonnen. Die *geographische Wehrkunde* übt eine außerordentlich wichtige Teilfunktion im Rahmen der umfassenderen Wehrkunde aus, insofern „Wehrkraft Zuschuß aus Landesart, Klima und menschenbestimmten Erscheinungen erfährt und Wehrwille das Gesicht der Landschaft ändert“ (Haushofer).

Alle diese Arbeiten richten sich fast ausschließlich nach den Bedürfnissen und Wünschen militärischer Dienststellen. Sie sind Beiträge zur Grundlagenforschung, auf welche die Planung zurückgreifen muß.

Sie sind *geographische* Arbeiten, d. h. sie halten sich als solche im Rahmen der fachlichen Zuständigkeit und können und sollen nicht alle die Gesichtspunkte heranziehen oder gar erschöpfend behandeln, für die die auswertenden Organe zufällig Interesse zeigen. Sie beschränken sich im allgemeinen auf die Feststellung, was *ist* und was bei bestimmten gegebenen Voraussetzungen geschehen und gestaltet werden kann. Sie leisten dennoch den politischen Bedürfnissen der Gegenwart wichtigste Hilfe, denn in ihrer Aussage liegt bereits ein Urteil über die Realisierbarkeit einer kriegswirtschaftlichen Absicht und über die Folgen, die bei einer Verwirklichung sich vermutlich einstellen. Eine Scheidung der Aufgabenstellung innerhalb dieser Fachgruppen führt zu folgenden Untersuchungsrichtungen:

1. Entwicklungsforschung,
2. Zustandschilderungen und -forschungen,
3. Ausschau (und Planung),
4. Theoretische Erkenntnisse.

Es ergibt sich dabei eine zeitliche Rangstufe dergestalt, daß für die theoretische Erkenntnis, für Ausschau und Planung die Entwicklungs- und Zustandsforschung unerläßliche Voraussetzungen sind.

Andere Aufgabenstellungen wiederum erfüllen ihren praktischen oder wissenschaftlichen Zweck bereits mit der Darstellung der Entwicklung oder des Zustandes selbst. Die Arbeiten aller vier Zweckgruppen stehen gleichwichtig und gleichberechtigt nebeneinander.

SCHRIFTENREIHE DES INSTITUTS FÜR DEUTSCHE OSTARBEIT KRAKAU

In Kürze erscheinen:

Beiträge zur Siedlungsgeographie des Generalgouvernements

herausgegeben von Dr. phil. habil. Hans Graul

1. Zur Typologie der Rodungssiedlungen auf der Nordabdachung der Karpaten — von Dr. Hans Graul
2. Dorfuntersuchungen in dem alten deutsch-ukrainischen Grenzbereich von Landshut — von Gisela Hildebrandt mit einem Materialbeitrag von Stud.-Ass. O. Adamski

Zeittafel zur Geschichte des Weichselraumes

von Dr. Erwin Hoff, Krakau

Die polnische Nationaldemokratie im Weltkrieg und auf der Pariser Friedenskonferenz

von Dr. Ellinor v. Puttkamer, Berlin

BURGVERLAG KRAKAU G.m.b.H.
VERLAG DES INSTITUTS FÜR DEUTSCHE OSTARBEIT KRAKAU